probleme privind

SISTEMELE ELECTROENERGETICE UZINALE

din

industria chimică

Coordonator tehnic: Ing. Eugen Covar

— Pentru uzul intern al unităţilor M.I.Ch. —
Lucrare elaborată de I.I.T.P.I.C. şi apărută sub îngrijirea Direcţiei Mecanice Energetice şi de Automatizare din Ministerul Industriei Chimice

CUPRINS

EUGEN COVAR

I. CONTRIBUŢII ALE I.I.T.P.I.C. LA ÎMBUNĂTĂŢIREA SISTEMULUI DE PROTECŢII ŞI AUTOMATIZĂRI ENERGETICE PE PLATFORMELE CHIMICE 7

NICOLAE DĂNIŞOR

II. SCHEME DE DISTRIBUŢIE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN ÎNTREPRINDERILE M.I.Ch. 9
1. Consideraţii generale 9
2. Surse de alimentare cu energie electrică 11
3. Determinarea puterii electrice totale a unei întreprinderi la punctul de delimitare cu sistemul (SRA) 12
4. Schema electrică de alimentare din sistem 12
5. Schema electrică de distribuţie uzinală 14
5.1. Motoarele electrice de acţionare a utilajelor tehnologice 14
5.2. Schema de distribuţie de înaltă tensiune 15
5.3. Schema de distribuţie de joasă tensiune 18
5.4. Tensiunea de comandă a consumatorilor 20
5.5. Scheme de alimentare a consumatorilor esenţiali (vitali) 20
5.6. Analiza funcţionării unui sistem uzinal al unei întreprinderi chimice 22
Concluzii 25

NICOLAE ŞERBAN

III. DEFECTE ÎN INSTALAŢIILE ELECTRICE 26
1. Defectele posibile şi cauzele lor 26
2. Calculul curenţilor de defect în cazul scurtcircuitelor nesimetrice 27
2.1. Metoda componentelor simetrice 27
2.2. Determinarea impedanţelor $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_0$ 30
3. Alcătuirea schemelor echivalente de secvenţă directă, inversă şi homopolară 32
3.1. Scurtcircuit bifazat 33
3.2. Scurtcircuit monofazat 35
Bibliografie 37

EUGEN COVAR

IV. METODĂ SIMPLIFICATĂ PENTRU CALCULE DE SCURTCIRCUIT 38
1. Introducere 38
2. Scurtcircuit trifazat la bornele unui transformator electric cu două înfășurări 38
3. Scurtcircuit trifazat la bornele unei bobine de reactanță 39
4. O formulă de corecție 39

EMILIAN ȘUTA

V. TRATAREA NEUTRULUI ÎN REȚELELE DE MEDIE TENSIUNE 41
1. Implicațiile unei puneri la pămînt într-o rețea cu neutrul izolat 41
1.1. Determinarea pulsației naturale a sistemului 44
1.2. Explicația supratensiunilor prin teoria arcului intermitent 45
Concluzii 47
2. Tratarea neutrului prin bobina de stingere 47
3. Alegerea parametrilor și locului de instalare a bobinei de stingere 50
Bibliografie 51

EUGEN COVAR

VI. TIPURI DE PROTECȚII PRIN RELEE UTILIZATE ÎNTR-UN COMBINAT CHIMIC 52
1. Numărul de faze pe care se prevăd protecții de curent 52
2. Secționarea de curent 52
3. Protecția diferențială longitudinală 54
4. Protecția împotriva punerilor monofazate la pămînt 55
5. Protecția de tensiune minimă a motoarelor 56
6. Protecția împotriva suprasarcinilor 57
7. Protecția maximală de curent de secvență inversă 57
8. Protecția maximală de curent temporizată 59
Concluzii 66
Bibliografie 66

EUGEN COVAR

VII. PROTECȚIE COMPARATIVĂ RAPIDĂ ÎMPOTRIVA SCURTCIRCUITELOR DIN REȚELE ELECTRICE 67
Concluzii 79
Bibliografie 80

EUGEN COVAR

VIII. PROTECȚIE RAPIDĂ A BARELOR COLECTOARE ALE STAȚIILOR ELECTRICE ÎMPOTRIVA SCURTCIRCUITELOR 81

EUGEN COVAR

IX. SCHEMĂ PENTRU ASIGURAREA DECONECTĂRII CIRCUITELOR DEFECTE LA REFUZ DE DECLANȘARE A ÎNTRERUPTOARELOR CIRCUITELOR 96

IOAN DÉSIRÉ SUCEVEANU

X. SEPARAREA AUTOMATĂ DE SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL A SISTEMELOR UZINALE CU CET PROPRIU DIN INDUSTRIA CHIMICĂ 102
1. Generalități 102
2. Schema optimă a centralei. Considerații teoretice și criterii de insularizare 103

3. **Dispozitivul de separare automată de sistem** 107
4. **Aplicații concrete la insularizarea platformelor chimice** 109
4.1. Întreprinderea chimică CARBOSIN Copșa Mică 109
4.2. Întreprinderea de coloranți COLOROM Codlea 111
4.3. Combinatul de fibre sintetice Cîmpulung Muscel 112
Concluzii 114
Bibliografie 116

EMILIAN ŞUŢA, VASILE ANDRIEŞ, IOAN DÉSIRÉ SUCEVEANU

XI. DESCRIEREA SCHEMELOR DE CIRCUITE SECUNDARE PENTRU CELULE DE MEDIE TENSIUNE UTILIZATE ÎN INDUSTRIA CHIMICĂ 118
1. **Celula de alimentare a stației** 118
1.1. Circuite de măsură 118
1.2. Circuite de comandă 118
1.3. Circuite de protecție 120
1.4. Circuite AAR 121
1.5. Circuite de semnalizare 121
1.6. Celula de alimentare a stației CET 122
2. **Celula de cuplă longitudinală** 122
2.1. Circuite de măsură 122
2.2. Circuite de comandă 122
2.3. Circuite de protecție 123
2.4. Circuite de semnalizare 124
2.5. Alimentarea baretelor de comandă și semnalizare în celula de cuplă longitudinală cu separator 124
2.6 Celula de cuplă longitudinală — Stație CET 125
3. **Celula de măsură** 125
3.1. Circuite de măsură 126
3.2. Circuite de comandă 126
3.3. Circuite de protecție 126
3.4. Circuite de semnalizare 127
4. **Celula de linie** 127
4.1. Circuite de măsură 127
4.2. Circuite de comandă 128
4.3. Circuite de protecție 128
4.4. Circuite de semnalizare 129
4.5. Celula de linie pentru interconexiune cu CET 129
5. **Celula de transformator** 129
5.1. Circuite de măsură 129
5.2. Circuite de comandă 130
5.3. Circuite de protecție 130
5.4. Circuite de semnalizare 132
6. **Celula de alimentare a bateriei de condensatoare** 133
6.1. Circuite de măsură 133
6.2. Circuite de comandă 133
6.3. Circuite de protecție 133
6.4. Circuite de semnalizare 136

7. Celula de generator 136
7.1. Circuite de măsură 136
7.2. Circuite de comandă 136
7.3. Circuite de protecție 137
7.4. Circuite de semnalizare 139
8. Celula de motor 140
8.1. Circuite de măsură 140
8.2. Circuite de comandă 140
8.3. Circuite de protecție 140
8.4. Circuite de semnalizare 141
MARIUS SMILOVICI
XII. ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ (AAR) 143
1. Rolul anclanșării automate a alimentării de rezervă și domeniul ei de aplicare 143
2. Condițiile de funcționare a schemelor AAR 144
3. Utilizarea AAR ca metodă de evitare a întreruperii procesului tehnologic la căderea sursei de alimentare normală. Implicații asupra schemelor de comandă a consumatorilor 148
Bibliografie 155
Scheme 156
EMILIAN ȘUȚA
XIII. SEMNALIZĂRI CENTRALIZATE ÎN SISTEMELE ELECTROENERGETICE UZINALE DIN INDUSTRIA CHIMICĂ 173
1. Semnalizări pentru regimuri normale de funcționare 173
2. Semnalizări pentru regimuri anormale de funcționare 174
2.1. Semnalizări de avarie 174
2.2. Semnalizări preventive 175
2.3. Semnalizări speciale 180
Concluzii 182

I. CONTRIBUȚII ALE I.I.T.P.I.C. LA ÎMBUNĂTĂȚIREA SISTEMULUI DE PROTECȚII ȘI AUTOMATIZĂRI ENERGETICE PE PLATFORMELE CHIMICE

ING. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. – BUCUREȘTI

O preocupare constantă a colectivului de proiectanți ai secției Instalații Electrice a fost îmbunătățirea protecției prin relee și a automaticii electroenergetice aferente sistemului electroenergetic intern al întreprinderilor din industria chimică. S-a urmărit îndeosebi accelerarea protecțiilor prin relee pentru lichidarea rapidă a scurtcircuitelor și a altor situații de funcționare anormală, precum și accelerarea anclanșării automate a alimentării de rezervă (AAR) pentru a reduce durata golurilor de tensiune în alimentarea consumatorilor cu proces tehnologic continuu (de categoria I conform PE 124/78). În acest fel, se reduc solicitările termice ale instalațiilor electroenergetice produse de curenții de scurtcircuit (diminuîndu-se pericolul de defectare și crescînd durata de viață) și se reduc perturbațiile produse proceselor tehnologice de golurile de tensiune (prin reducerea duratei acestora).

Pentru reducerea curenților capacitivi (la locul defectului) în rețelele de 6 kV, neutrul acestora a fost tratat cu bobine de stingere (Petersen), obținîndu-se reducerea distrugerilor la locul punerii la pămînt și creșterea probabilității de stingere a arcului electric la locul defectului (aproape echivalentă cu eliminarea defectului).

De asemenea, pe platformele chimice pe care funcționează centrale electrice de termoficare (CET), s-au prevăzut, în proiectele elaborate de I.I.T.P.I.C. instalațiile electrice necesare pentru funcționarea insulară a CET la căderea alimentării cu energie electrică din sistemul energetic național, în scopul menținerii în funcțiune a unor instalații tehnologice importante.

Pentru a asigura lichidarea rapidă a scurtcircuitelor se prevăd protecții rapide pe toate circuitele, astfel:

- transformator de 6/0,4 kV: secționare de curent
- motor de 6 kV: secționare de curent
- linie de 6 kV: comparativă fider sau diferențială
- condensatoare de 6 kV: secționare de curent
- generator de 6 kV: diferențială
- bare de 6 kV: comparativă bare
- protecția la arc deschis în celule prefabricate de 6 kV.

Pentru cazul refuzului de declanşare al unui întreruptor de 6 kV se prevede rezervarea prin declanşarea cuplei şi a alimentării secţiei de bare de 6 kV respective.

Pentru protecţia motoarelor de 6 kV la suprasarcini (supraîncălziri) se prevăd relee electronice perfecţionate.

Pentru deconectarea rapidă a motoarelor de 6 kV ce funcţionează în medii cu pericol de explozie, în cazul simplei puneri la pămînt, se prevăd relee electronice foarte sensibile.

Pentru motoarele de 6 kV s-a introdus recent protecţia la supratemperatură realizată cu termistoare.

Pentru creşterea fiabilităţii circuitelor de comandă şi protecţie prin relee ale celulelor de 6 kV se utilizează întreruptoare cu două bobine de declanşare, alimentate de la barete de comandă separate.

Accelerarea AAR a devenit posibilă prin introducerea blocajului AAR la scurtcircuite pe bare sau în aval (temporizarea AAR nu mai trebuie să depăşească cea mai mare dintre temporizările protecţiilor circuitelor conectate la barele respective). În plus, prin intercondiţionarea instalaţiilor de AAR amonte — aval, revenirea tensiunii pe barele rămase fără alimentare se realizează cu temporizare mică (0,6 s) în toate cazurile (cu excepţia refuzului de funcţionare a unui întreruptor).

Conectarea sursei de rezervă prin AAR se realizează automat cu controlul tensiunii compuse dintre tensiunea sursei de rezervă şi tensiunea reziduală a motoarelor electrice ale barei rămase fără alimentare. În acest fel, se limitează şocul de curent absorbit de motoarele electrice la conectarea sursei de rezervă.

Pentru evitarea întreruperilor de scurtă durată în alimentarea consumatorilor la scoaterea din sau introducerea în funcţiune a unor elemente de reţea (linii, transformatoare) s-a prevăzut posibilitatea punerii în paralel a celor două sisteme radiale ale distribuţiei radiale, cu măsurarea prealabilă a diferenţei de tensiune a fazelor omoloage (R).

II. SCHEME DE DISTRIBUȚIE A ENERGIEI ELECTRICE ÎN ÎNTREPRINDERILE M.I.Ch.

ING. NICOLAE DĂNIȘOR
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

1. CONSIDERAȚII GENERALE

Unitățile de producție ale industriei chimice, în general, și întreprinderile petrochimice și de îngrășăminte cu azot, în special, prezintă următoarele două caracteristici:

a) sînt mari consumatoare de energie electrică

b) impun o continuitate în alimentarea cu energie electrică.

În legătură cu prima caracteristică dăm mai jos un tabel cu puterea instalată în unitățile M.I.Ch. comparativ cu celelalte ramuri mai importante din industrie (datele sînt extrase din „Anuarul statistic R.S.R. 1981" — Tabela 66 — pag. 137).

	Anul	Număr de întreprinderi	Puterea instalată care deservește întreprinderea		Puterea instalată medie pe întreprindere MW
			MW	%	
Total industrie	1960	1 658	3 263	100	1,97
	1980	1 752	27 125	100	15,48
Chimie	1960	57	265	8,12	4,65
	1980	80	4 576	16,8	57,2
Construcții de mașini	1960	199	611	18,72	3,07
	1980	315	5 866	21,62	18,62
Metalurgie feroasă	1960	18	494	15,14	27,4
	1980	27	4 731	17,44	175,2
Metalurgie neferoasă	1960	17	87	2,6	5,12
	1980	20	1 575	5,8	78,75
Industrie alimentară	1960	207	169	5,2	0,82
	1980	294	1 079	3,9	3,67
Alte ramuri	1960	1 160	1 637	50,17	1,41
	1980	1 019	9 298	34,27	48,37

Din acest tabel rezultă următoarele:

— Puterea medie pe întreprinderile M.I.Ch. (57,2 MW) ca ordin de mărime este a treia din ramurile industriei (după Metalurgie feroasă 175,2 MW și Metalurgie neferoasă 78,75 MW).

Se menţionează însă că în cadrul M.I.Ch. există mari combinate cu puterea peste 100 MW (C.P. Borzeşti, C.C. Rm. Vîlcea, C.P. Piteşti, C.P. Midia, C.C. Craiova, C.C. Tîrnăveni, C.I.C. Tr. Măgurele, C.P. Brazi etc.), unele din acestea depăşind chiar 200 MW.

— Circa 17% din totalul puterii instalate în industrie revine întreprinderilor M.I.Ch., ca ordin de mărime fiind a treia din ramurile industriei (după Construcţii de maşini 21,62% şi Metalurgie feroasă 17,44%).

— În perioada 1960—1980, puterea instalată medie pe întreprinderile M.I.Ch. a crescut de circa 12 ori.

Trebuie menţionată preocuparea proiectanţilor pentru reducerea consumului specific de energie electrică, ca urmare a înlocuirii motoarelor electrice cu turbine de abur, în special în instalaţiile cu procese tehnologice cu reacţii exotermice.

În tabelul ce urmează, se vede o descreştere vertiginoasă a consumului specific de energie electrică la fabricarea amoniacului de la 1 850 kWh/tonă, în 1963 la 4,89 kWh/tonă în 1975.

Nr. crt.	Tehnologia şi întreprinderea	Anul intrării în funcţiune	Capacitatea anuală în tone	Consum specific kWh/tonă
1	GIAP-Piatra Neamţ	1963	132 000	1 850
2	RSR-C.C. Făgăraş	1964	100 000	1 700
3	CSR-Tg. Mureş	1964	90 000	1 733
4	UHDE-Tg. Mureş	1968	100 000	824
5	SYBETRA-Craiova Tr. Măgurele Slobozia	1969	300 000	500
6	Salzgitter (Piatra Neamţ)	1974	330 000	26
7	Kellog (Tg. Mureş, Craiova etc.)	1975	300 000	4,89

A doua caracteristică, continuitatea în alimentarea cu energie electrică, constituie o cerinţă care este impusă în primul rînd de marele consumator de energie electrică, iar în al doilea rînd de specificul procesului tehnologic.

Marele consumator de energie electrică este în acelaşi timp şi mare producător de produse industriale, întreruperile de energie ducînd, deci, la întreruperi în producţie care se concretizează în pagube importante în economia naţională.

Pagubele acestea devin şi mai mari datorită specificului procesului tehnologic din industria chimică, care sub acest aspect are două particularităţi:

— Întreruperile în alimentarea cu energie electrică de scurtă durată — de ordinul secundelor — duc la dereglarea procesului tehnologic, proces care ajunge la parametrii săi anteriori într-o perioadă lungă — de ordinul orelor (15—20 ore).

Aceşti consumatori reprezintă circa 90% din totalul puterii electrice necesare procesului, fiind consumatori de categoria I (conform PE 124/78).

— Întreruperile în alimentarea cu energie electrică pînă la 1 minut, duc la deteriorarea parţială a instalaţiilor tehnologice, explozii etc.

Acești consumatori reprezintă circa 5% din totalul puterii electrice necesare procesului și constituie consumatori de categoria zero.

În proiectarea schemei electrice de alimentare din sistem și a schemei de distribuție în incinta uzinală, trebuie să se țină seama de caracteristicile consumatorilor arătate mai sus, asigurîndu-se astfel gradul necesar de siguranță în alimentarea cu energie electrică a întreprinderii industriale respective.

2. SURSE DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

Datorită consumului mare de putere, sursa principală pentru alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor M.I.Ch. o constituie sistemul energetic național.

O altă sursă de alimentare cu energie electrică este constituită de centralele electrice proprii.

În întreprinderile industriei chimice sînt frecvente procesele tehnologice cu reacții exotermice la un nivel energetic ridicat, ceea ce permite recuperarea acestei călduri cu posibilități de utilizare a ei într-o direcție combinată: electrică și termică.

Din punctul de vedere al balanței dintre sursele de energie termică recuperabilă și cerințele de consum tehnologic, pot exista următoarele situații:

a) Cerințe de consum de energie termică mai mari decît capacitățile surselor recuperatoare.

În această situație apare necesară construirea unei centrale termice, care din motive economice se prevede la parametri medii sau înalți și deci la profilul unei centrale electrice de termoficare (CET).

Pînă în prezent a existat tendința ca aceste CET-uri să se echipeze cu turbine cu priză și contrapresiune fără condensație.

b) Cerințe de consum de energie termică mai mici decît capacitățile surselor recuperatoare.

În aceste cazuri se montează turbogeneratoare cu turbină cu condensație (CTE).

c) Unități care sînt mari consumatoare de energie termică și nu dispun de surse importante de energie termică recuperabilă.

În aceste situații, din motive economice, se montează cazane de presiune medie sau înaltă, cu utilizarea în turbine cu prize și contrapresiune a căderii entalpice dintre parametrii aburului produs și parametrii aburului solicitat de proces (CET).

În majoritatea lor, aceste centrale sînt centrale de zonă, aparținînd M.E.E. și din punct de vedere electric sînt interconectate cu sistemul, iar din punct de vedere termic alimentează cu abur, pe lîngă consumatorii industriali, și consumatorii urbani (încălzire locuințe). Asemenea centrale sînt amplasate lîngă întreprinderile industriale (CET — Ișalnița, CET — Borzești, CET — Săvinești etc.).

Centralele proprii din întreprinderile M.I.Ch. indicate la punctele a) și b) de mai sus ca surse de energie electrică, se integrează în schema electrică a sistemului uzinal.

Din punctul de vedere al stabilității lor, în urma căderii sistemului energetic, centralele echipate cu turbine cu condensație (CTE) sînt mai stabile.

A treia sursă posibilă de alimentare cu energie electrică o constituie grupurile Diesel — generator, care pot constitui surse de avarie intrînd automat (temporizat) în funcțiune după căderea sistemului energetic și alimentînd numai consumatorii de categoria zero.

Pînă în prezent, au fost montate în întreprinderile din industria chimică grupuri de intervenție cu puteri de la 50 kVA pînă la 2670 kVA.

3. DETERMINAREA PUTERII ELECTRICE TOTALE A UNEI ÎNTREPRINDERI LA PUNCTUL DE DELIMITARE CU SISTEMUL (SRA)

Conform PE 124/78, sistemul de alimentare intern al unui consumator cuprinde totalitatea instalațiilor necesare pentru distribuția energiei electrice de orice tensiune de la punctele de delimitare la receptoarele consumatorului.

Pentru determinarea puterii totale și a distribuțiilor în faza de proiectare, se fac următoarele operații:

— se determină pe obiecte de fabricație puterile cerute (active și reactive) pentru consumatorii tehnologici, la tensiunea 0,4 kV și 6 kV;

— idem, pentru consumatorii auxiliari (stație pompe, frig, iluminat etc.);

— pe planul de situație se înscriu în dreptul obiectelor respective puterile cerute pe tensiuni rezultate din operațiile de mai sus;

— avînd o privire de ansamblu asupra repartiției de putere în planul general, se determină numărul și profilul posturilor de transformare și al stațiilor de conexiuni, inclusiv SRA;

— se cunoaște astfel puterea totală la punctul de delimitare cu sistemul (SRA) pentru determinarea numărului și puterii transformatoarelor din SRA precum și numărul fiderilor de 6 kV și al distribuțiilor de 6 kV și joasă tensiune pentru întocmirea schemei electrice uzinale.

În legătură cu metoda de calcul se fac următoarele mențiuni:

— puterea cerută este o putere de calcul pe baza căreia se calculează elementele instalației (fiderii de alimentare a stațiilor, numărul și puterea transformatoarelor etc.);

— valoarea puterii cerute la bornele motoarelor cuprinde puterile utile la arborii motoarelor și pierderile în motoare;

— valoarea puterii cerute pe barele SRA cuprinde, pe lîngă suma puterilor cerute la obiectele tehnologice și auxiliare, și pierderile în rețeaua internă și în transformatoare.

4. SCHEMA ELECTRICĂ DE ALIMENTARE DIN SISTEM

Energia electrică este preluată din sistem și transportată la tensiunea sistemului pînă la platforma întreprinderii unde este prevăzută „o stație prin-

cipală a întreprinderii" care reduce tensiunea sistemului la tensiunea de distribuţie uzinală (110/6 kV în majoritatea cazurilor).

Conform PE 124/78, sistemul de alimentare extern al unui consumator cuprinde ansamblul instalaţiilor electrice de alimentare ale consumatorului, aflate în exploatarea M.E.E. şi care sînt cuprinse între punctele de delimitare dintre consumator şi nodurile din amonte care constituie sursa în raport cu consumatorul în cauză. Conform acestui normativ, sistemul de alimentare extern constituie *o sursă unică de energie electrică.*

Datorită condiţiilor de continuitate cerute de consumatorii M.I.Ch., alimentarea acestora din sistem se realizează în majoritatea cazurilor la nivelul 1 de siguranţă, prin două căi de alimentare independente, dimensionate fiecare pentru puterea necesară la consumator şi prin două puncte distincte de racord. Realimentarea consumatorului, în caz de avarie a unei căi, se prevede a se realiza prin comutarea automată a consumului pe calea neavariată, cu o discontinuitate de maximum 3 secunde.

În majoritatea cazurilor, tensiunea surselor sistemului este 110 kV.

Liniile de racord cu sistemul pot fi aeriene (cu izolaţie întărită) sau în cablu subteran în cazul în care atmosfera este puternic poluată.

La proiectarea staţiei principale a întreprinderii (110/6 kV) trebuie să se ţină seama de următoarele trei aspecte care condiţionează siguranţa alimentării cu energie electrică:

— amplasarea staţiei,

— profilul staţiei (numărul transformatoarelor de 110/6 kV),

— schema electrică pe partea de 110 kV şi 6 kV.

Amplasarea staţiei se face în funcţie de gradul de poluare al atmosferei şi de centrul de greutate al consumatorilor întreprinderii. Fiecare din aceste două condiţii are o influenţă contrarie asupra amplasamentului: poluarea ridicată impune amplasarea staţiei cît mai departe de platforma uzinală, iar centrul de greutate al consumatorilor impune amplasarea staţiei cît mai în „inima" platformei.

Din punct de vedere tehnico-economic, soluţia cea mai indicată în asemenea cazuri este prevederea staţiei de 110 kV în construcţie interioară, ventilată şi amplasată în incinta platformei.

La alegerea numărului transformatoarelor de 110/6 kV se are în vedere ca un transformator să fie în rezervă pentru preluarea puterii în cazul avariei unuia din transformatoarele în funcţiune.

Pentru a rezulta pe partea de 110 kV şi 6 kV o schemă cît mai economică şi cît mai simplă în exploatare, fără să se micşoreze gradul de siguranţă, este indicat ca staţia să fie echipată cu două transformatoare de 110/6 kV, dintre care unul în funcţiune şi celălalt în rezervă, ambele fiind alimentate „bloc" din sistem, fără întreruptoare şi separatoare pe partea de 110 kV (Fig. 1).

Lipsa întreruptoarelor şi separatoarelor pe partea de 110 kV simplifică partea constructivă şi de echipare a staţiei şi uşurează exploatarea instalaţiei.

Protecţiile transformatoarelor, printr-un „fir pilot" duc la declanşarea întreruptoarelor pe partea de 110 kV.

Staţia va avea o singură cameră de comandă, exploatată numai de personalul M.I.Ch.

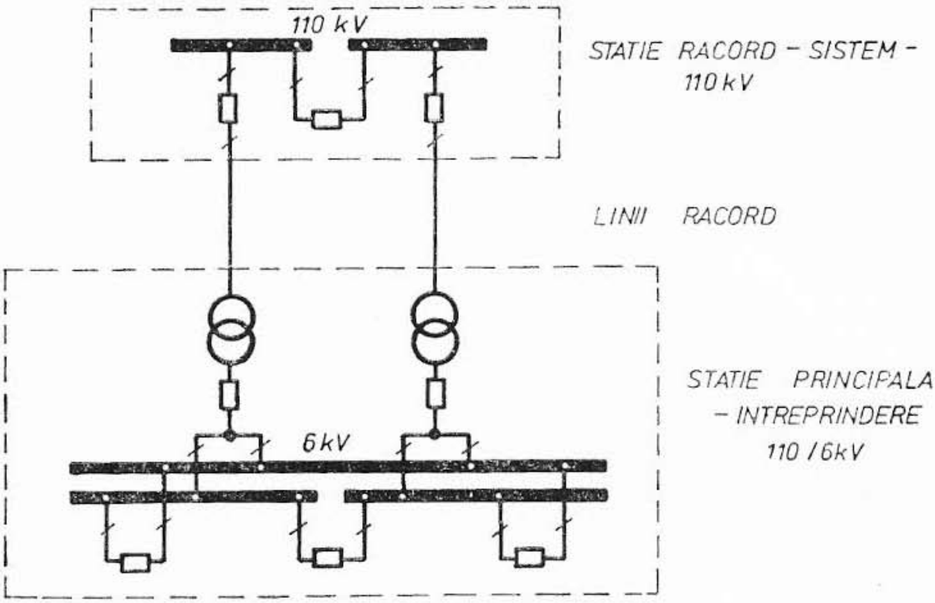


Fig. 1

5. SCHEMA ELECTRICĂ DE DISTRIBUŢIE UZINALĂ

5.1. MOTOARELE ELECTRICE DE ACŢIONARE A UTILAJELOR TEHNOLOGICE

Motoarele electrice acţionează compresoare cu piston, compresoare centrifugale, pompe şi ventilatoare.

A existat tendinţa în proiectarea instalaţiilor chimice, ca numărul liniilor tehnologice pentru acelaşi produs să fie cît mai redus însă cu o mare capacitate de producţie, fapt care a necesitat utilaje de putere mare. Astfel, puterea unitară a motoarelor electrice variază în limite foarte largi, de la cîţiva kW pînă la 12 000 kW majoritatea fiind peste 200 kW, în special în fabricile de îngrăşăminte cu azot.

Motoarele cu puterea de peste 1 500 kW sînt sincrone şi asincrone, iar restul motoarelor sînt în majoritate asincrone, în scurtcircuit.

Tensiunea de utilizare pentru motoarele de peste 200 kW este de 6 kV, iar pentru restul motoarelor este de 380/220 V.

Ca urmare a celor două tensiuni de utilizare, există două sisteme de distribuţie în incinta platformei:

— un sistem de distribuţie de 6 000 V denumit sistem de înaltă tensiune;

— un sistem de distribuţie de 380/220 V denumit sistem de joasă tensiune.

Vom analiza în cele ce urmează sistemul de distribuţie de înaltă tensiune al unei unităţi chimice cu o putere de circa 50 MW avînd următorii consumatori:

a) la tensiunea de utilizare de 6 kV:

— motoare sincrone 4×5 MW

— motoare asincrone cu o putere unitară de la 200—1 000 kW, însumînd o putere de 20 MW

b) la tensiunea de utilizare de 380/220 V:

— motoare asincrone cu puteri unitare mai mici de 200 kW, însumînd o putere de circa 10 MW.

5.2. SCHEMA DE DISTRIBUŢIE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Motoarele sincrone se vor racorda pe barele de 6 kV ale staţiei principale care, avînd o putere mare de rupere, uşurează pornirea acestora.

În funcţie de amplasarea consumatorilor în planul de situaţie al uzinei, se prevăd 3 staţii de conexiuni denumite staţiile 1, 2 şi 3, fiecare avînd sarcina de 10 MW (circa 1 000 A).

Cele 3 staţii se pot alimenta după schemele cele mai reprezentative din figurile: 2 (în cascadă), 3 (radial), 4 (în buclă), 5 (dublu radial).

Dintre cele 4 variante numai ultimele două asigură continuitatea în alimentarea cu energie electrică în cazul defectării unui fider de racord.

După cum se vede în Fig. 5, varianta de alimentare este mixtă:

— dublu radială cu cupla deschisă în regim normal, care se închide automat în cazul avariei unui fider de racord, sau altfel spus, cele 3 staţii s-au

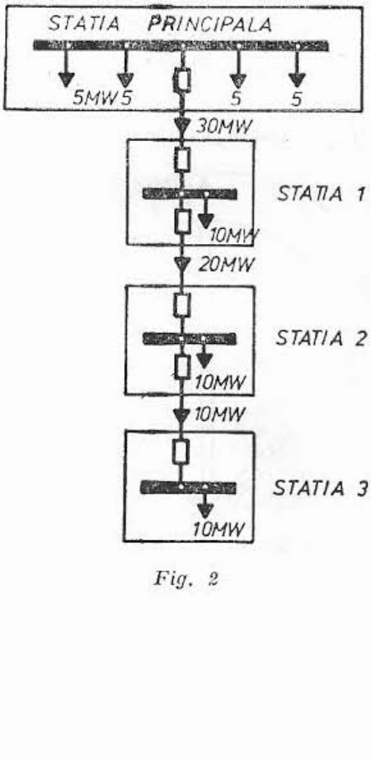


Fig. 2

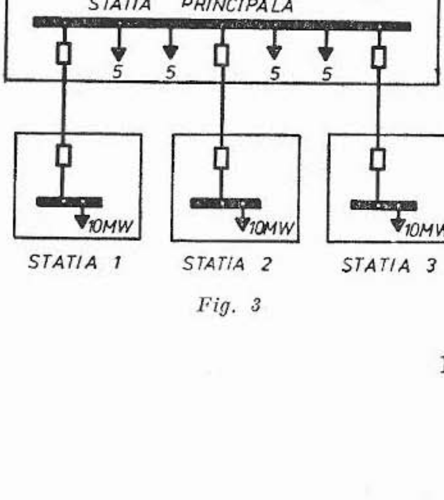


Fig. 3

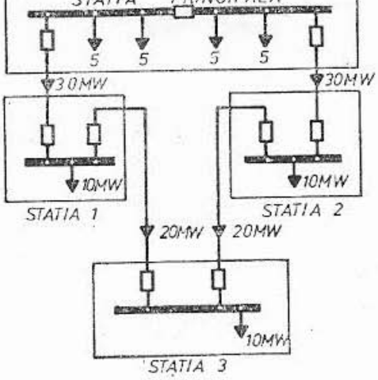


Fig. 4

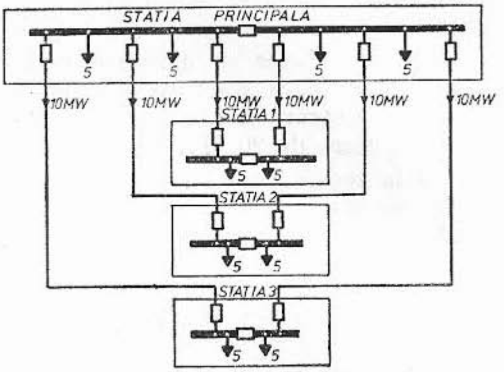


Fig. 5

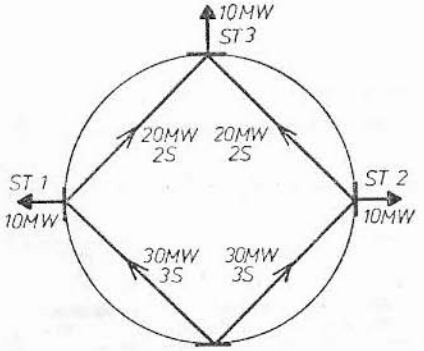
dublat ca număr, devenind 6 stații, fiecare fiind alimentată radial, însă s-au grupat două cîte două în 3 noduri energetice, pentru preluarea reciprocă a consumului în cazul avariei unei alimentări.

DETERMINAREA CANTITĂTII DE CABLU DE RACORD IN VARIANTELE DIN FIGURILE 4 ŞI 5

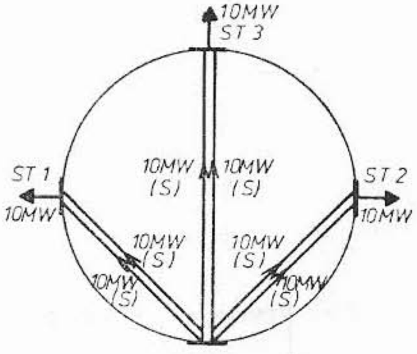
Deoarece cantitatea de cablu depinde de sarcina maximă şi de lungime, pentru a putea fi comparabile cele două variante, s-au considerat două situații de amplasare în cercuri de rază egală cu unitatea. Cablurile se dimensionează la sarcina maximă şi au secțiunea „*s*" pentru o sarcină de 10 MW.

Pentru varianta alimentării în buclă, (Fig. 6), rezultă următoarea cantitate de cablu:

$$Q_b = 2\cdot(\cdot\sqrt{2}\cdot 3\cdot s) + 2\cdot(\cdot\sqrt{2}\cdot 2\cdot s) = 10\cdot\sqrt{2}\cdot s = 14{,}1\cdot s$$



Stația principală
Fig. 6



Stația principală
Fig. 7

Pentru varianta alimentării dublu radiale, (Fig. 7), rezultă:

$$Q_{d\cdot r}=2\cdot(2\cdot\sqrt{2}\cdot s)+2\cdot(\sqrt{2}\cdot s)=4\cdot\sqrt{2}\cdot s+4\cdot s=9{,}64\cdot s$$

Raportul:

$$\frac{Q_b}{Q_{d\cdot r}}=\frac{14{,}1\cdot s}{9{,}64\cdot s}=1{,}46>1$$

Deci $Q_b>Q_{d\cdot r}$

În a doua situație de amplasare rezultă următoarele cantități de cablu:
— pentru varianta alimentării în buclă, (Fig. 8):

$$Q_b=2\cdot(3\cdot s\cdot\sqrt{2})+2\cdot(2\cdot s)=6\cdot\sqrt{2}\cdot s+4\cdot s=12{,}46\cdot s$$

— pentru varianta alimentării dublu radiale, (Fig. 9):

$$Q_{d\cdot r}=2\cdot(2\cdot\sqrt{2}\cdot s)+(2\cdot s)=4\cdot\sqrt{2}\cdot s+2\cdot s=7{,}64\cdot s$$

Raportul:

$$\frac{Q_b}{Q_{d\cdot r}}=\frac{12{,}46\cdot s}{7{,}64\cdot s}=1{,}66>1$$

În concluzie, în ambele situații convenționale de amplasare, cantitatea de cablu este mai mare în varianta alimentării în buclă decît în varianta alimentării dublu radiale (de circa 1,5 ori).

Varianta alimentării în buclă se elimină și pentru următoarele motive:

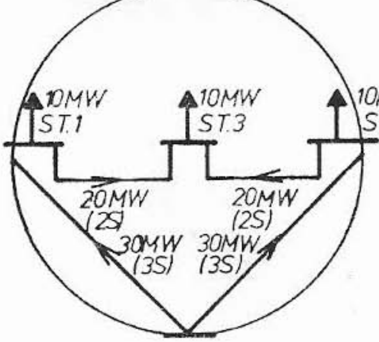
— puterea de scurtcircuit se dublează datorită punerii în paralel a celor două transformatoare;

— necesită relee direcționale (din import);

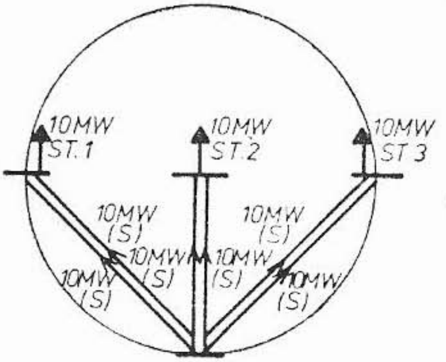
— șocuri mari de tensiune pe barele stațiilor în cazul căderii unuia din fiderii din stația principală;

— pentru asigurarea selectivității protecției se mărește timpul de reglaj din stația principală.

În concluzie, schema alimentării dublu radiale în sistemul de distribuție de 6 kV apare ca fiind cea mai indicată pentru consumatorii unității chimice analizate deoarece este simplă și cu un grad mărit de siguranță.



Stația principală
Fig. 8



Stația principală
Fig. 9

În cazul în care un consumator, de exemplu o stație de pompe, are motoare de rezervă iar la scoaterea de sub tensiune a unei secții de bare, ca urmare a unui scurtcircuit în aceasta, motoarele pompelor racordate pe cealaltă secțiune de bare nu satisfac necesitățile de debit, se pot secționa cele două secții în 3 sau 4 subsecții, păstrîndu-se însă alimentarea dublu radială.

5.3. SCHEMA DE DISTRIBUȚIE DE JOASĂ TENSIUNE

5.3.1. AMPLASAREA TRANSFORMATOARELOR DE 6/0,4 kV

Pentru a scurta rețelele de joasă tensiune, transformatoarele de 6/0,4 kV se amplasează în secțiile de fabricație după schema „bloc", fără separatoare și întreruptoare în cabina transformatorului pe partea de 6 kV.

Pentru siguranța personalului de exploatare se prevede în fiecare cabină de transformator un comutator de blocaj care, în cazul reviziei transformatorului, nu permite anclașarea întreruptorului din celula de 6 kV și în același timp declanșează întreruptorul respectiv în cazul în care ar fi fost uitat în poziția „anclanșat" de către personalul de exploatare din stație.

5.3.2. ALEGEREA NUMĂRULUI TRANSFORMATOARELOR DE 6/0,4 kV ȘI ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A TRANSFORMATORULUI DE REZERVĂ

La alegerea numărului transformatoarelor se are în vedere ca un transformator să fie de rezervă.

Pentru continuitatea în alimentare a consumatorilor de joasă tensiune, transformatorul de rezervă se prevede cu dispozitiv AAR pe partea de joasă tensiune, fapt care impune prevederea de întreruptoare automate pe alimentările secțiilor de bare.

În cazul unei stații cu două transformatoare, pentru similitudine cu concepția barelor de 6 kV din amonte, se prevăd două secții de bare cu un întreruptor de cuplă, care în funcționare normală e deschis și se închide automat la dispariția tensiunii pe oricare din cele două secții (Fig. 10).

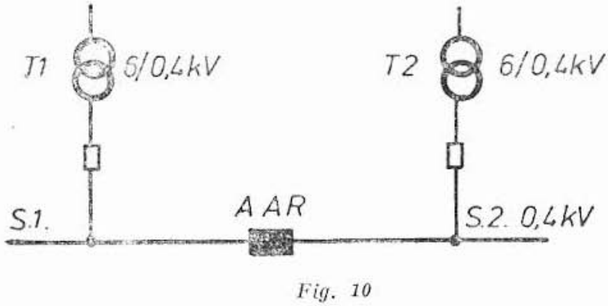


Fig. 10

În cazul stațiilor cu un număr mai mare de două transformatoare se utilizează mai frecvent două soluții:

SOLUŢIA 1

Dintre transformatoarele unei staţii, unul este „de rezervă", celelalte fiind în funcţiune. Acest transformator funcţionează în gol şi este pregătit pentru intrarea automată în sarcină la defectarea unuia din celelalte. Deoarece acest transformator de rezervă funcţionează timp îndelungat numai în gol, s-ar putea ca la intrarea automată în sarcină să nu funcţioneze în condiţii satisfăcătoare dacă nu a fost verificat în prealabil.

SOLUŢIA 2

Fiecare din transformatoarele staţiei, la alegere, poate îndeplini rolul de transformator de rezervă cu intrare automată (AAR).

Schemele de principiu indicate în Fig. 11, 12, 13 şi 14 reprezintă conectarea transformatoarelor la barele de joasă tensiune în cele două soluţii pentru staţii cu 3 şi 4 tranformatoare.

Adoptînd următoarele notaţii:

n — numărul transformatoarelor

N — numărul întreruptoarelor de joasă tensiune

rezultă relaţiile:

— pentru soluţia 1 (Fig. 11 şi 13):

$$N_1=2\ (n-1)$$

— pentru soluţia 2 (Fig. 12 şi 14):

$$N_2=n\ (n-1)$$

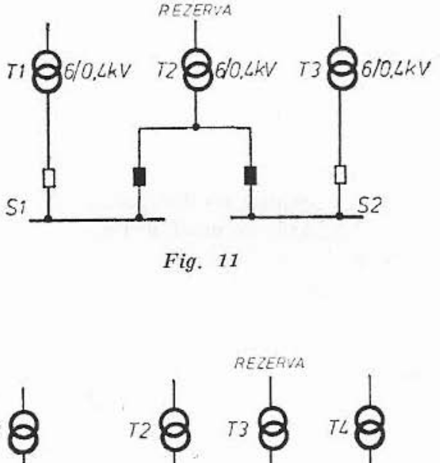


Fig. 11

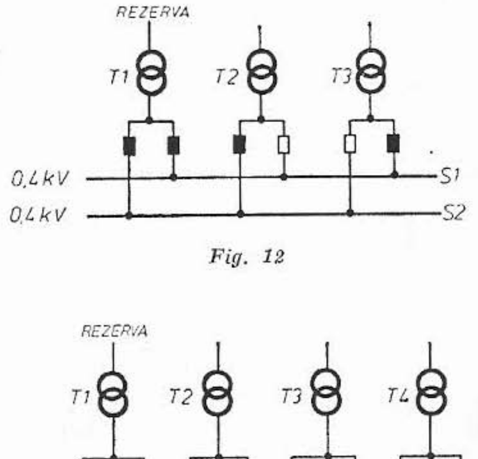


Fig. 12

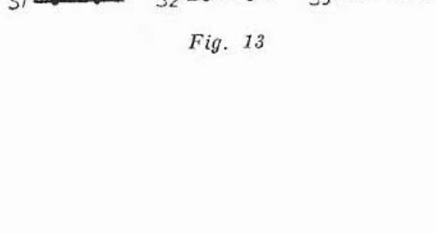


Fig. 13

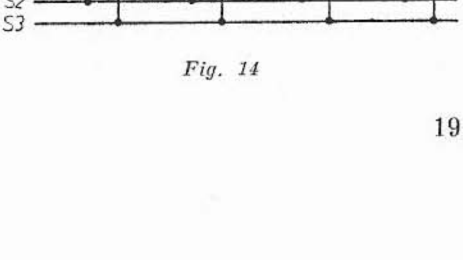


Fig. 14

Deci:

$$N_2 > N_1 \text{ pentru } n > 2$$

sau $N_2 = N_1 \frac{n}{2}$

Soluția 2, cu toate că e mai scumpă decît soluția 1 datorită numărului mare de întreruptoare de joasă tensiune se adoptă în situația în care consumatorii de joasă tensiune sînt deosebit de importanți în procesul tehnologic, efortul de investiții suplimentar fiind neînsemnat în raport cu pagubele și urmările care ar rezulta în cazul întreruperii producției.

Receptorii de forță din secțiile de fabricație, mai ales din cele care prezintă pericol de explozie, se alimentează direct din tabloul general de distribuție de joasă tensiune, comenzile făcîndu-se de lîngă motoare.

În cazul în care în secțiile cu mai multe nivele sînt necesare tablouri de distribuție secundare, acestea se prevăd cu dublă alimentare și cu AAR, în raport cu importanța lor în procesul tehnologic.

5.4. TENSIUNEA DE COMANDĂ A CONSUMATORILOR

Pentru circuitele secundare din stațiile de conexiuni, se folosește tensiunea dată de bateriile de acumulatoare staționare, independente de sistem (24 Vc.c.—220 Vc.c.).

Pentru circuitele de comandă, protecție și semnalizare din tablourile de distribuție de joasă tensiune se folosește, de regulă, tensiune alternativă. În acest caz, la variații de tensiune în sistem, întreruptoarele automate de joasă tensiune declanșează, întrerupînd astfel parțial procesul tehnologic.

Pentru a evita aceste declanșări se prevăd relee de tensiune cu contacte temporizate la deschidere care se introduc în circuitele de comandă ale bobinelor.

Pentru a nu mai depinde de sistem la variații de tensiune, soluția cea mai eficientă este folosirea tensiunii operative furnizate de bateriile de acumulatoare. Bateriile de acumulatoare se amplasează în stațiile de transformare care deservesc secțiile de fabricație.

Tablourile de curent continuu (Fig. 15) sînt concepute cu două secții de bare legate printr-un contactor de cuplă care funcționează în mod normal închis. Prima secție de bare, pe care debitează un ansamblu „redresor-baterie", alimentează bobinele întreruptoarelor și contactoarelor receptorilor „esențiali" (vitali).

A doua secție de bare alimentează bobinele întreruptoarelor și contactoarelor receptorilor „neesențiali". În cazul dispariției totale a tensiunii de alimentare din sistem, contactorul de cuplă al celor două secții de bare se deschide cu o temporizare, astfel ca să nu se alimenteze în curent continuu decît comenzile receptorilor esențiali (Fig. 15).

5.5. SCHEME DE ALIMENTARE A CONSUMATORILOR ESENȚIALI (VITALI)

Pentru asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor vitali, în cazul întreruperii totale a tensiunii de alimentare din

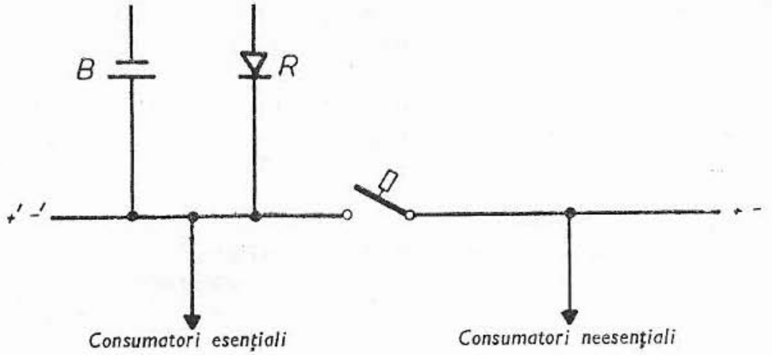


Fig. 15

sistem, se utilizează de regulă, grupuri de intervenţie rapidă cu motoare Diesel, cu intrare automată în funcţiune.

În funcţie de puterea şi amplasarea consumatorilor vitali se utilizează două soluţii de alimentare prin grup de intervenţie.

SOLUŢIA 1

Consumatorii vitali sînt concentraţi într-o anumită secţie de fabricaţie, au tensiunea de utilizare de 380/220 V, iar grupul de intervenţie debitează la aceeaşi tensiune şi are o putere pînă la 500—600 kW.

În acest caz, se prevede o distribuţie de 380 V la care sînt racordaţi consumatorii vitali şi care este alimentată în mod normal din sistemul uzinal, iar la căderea acestei alimentări, prin grupul Diesel care va intra automat în funcţiune.

SOLUŢIA 2

Consumatorii vitali sînt dispersaţi în mai multe secţii de fabricaţie, au tensiunea de utilizare de 380/220 V şi 6 000 V, iar grupul de intervenţie are o putere peste 1 000 kW.

În acest caz, consumatorii vitali de joasă şi înaltă tensiune fiind alimentaţi din diverse staţii de conexiuni şi transformare, căile de alimentare ale acestora rămîn aceleaşi atît în regim normal cît şi în regim de avarie, numai sursa se schimbă: în regim normal este constituită din sistem, iar în regim de avarie, sursa este constituită din grupul de intervenţie.

Această soluţie impune ca de la dispariţia tensiunii din sistem şi pînă la intrarea automată a grupului de intervenţie, o parte din întreruptoarele de înaltă şi joasă tensiune să declanşeze, unele să rămînă anclanşate, iar altele să anclanşeze după un anumit program.

5.6. ANALIZA FUNCȚIONĂRII UNUI SISTEM UZINAL AL UNEI ÎNTREPRINDERI CHIMICE

Fig. 16 prezintă schema de principiu simplificată a alimentării cu energie electrică a unei întreprinderi din industria chimică, proiectată pe baza principiilor arătate anterior.

S-au utilizat următoarele simboluri:

MS — motor sincron;

V — motor de 6 kV sau 380 V vital (esențial);

N — motor de 6 kV sau 380 V nevital (neesențial).

Se analizează trei regimuri de funcționare ale sistemului energetic uzinal:

— regim normal;

— regim perturbatoriu;

— regim de avarie totală (cădere totală a tensiunii din sistem).

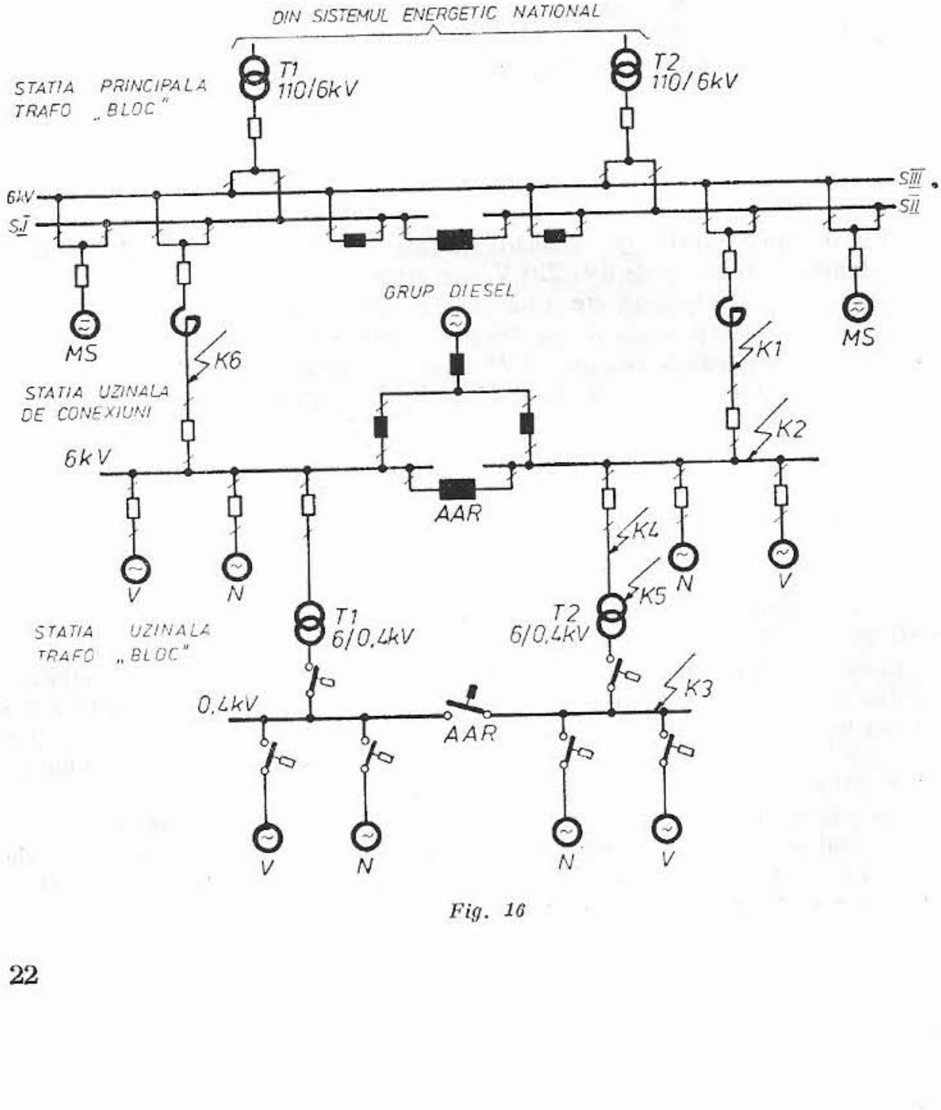


Fig. 16

a) REGIM NORMAL

— STAȚIA PRINCIPALĂ:

- cupla longitudinală și cuplele transversale sînt deschise;
- fiecare transformator debitează pe secții separate (S_I și S_{II}), fiind astfel încărcate la jumătate din sarcină;
- motoarele sincrone și alimentările stației uzinale de conexiuni sînt conectate;
- din cauza motoarelor sincrone, nu este indicat să se prevadă dispozitiv AAR pe barele de 6 kV.

— STAȚIA UZINALĂ DE CONEXIUNI:

- întreruptorul de cuplă este deschis și dispozitivul AAR pregătit pentru funcționare;
- întreruptoarele aferente grupului DIESEL sînt deschise;
- restul întreruptoarelor sînt închise.

— STAȚIA UZINALĂ TRAFO:

- întreruptorul de cuplă este deschis și dispozitivul AAR pregătit pentru funcționare;
- restul întreruptoarelor sînt închise.

— TABLOURI DE CURENT CONTINUU:

- întreruptoarele de cuplă sînt închise.

b) REGIM PERTURBATORIU

Se consideră următoarele 6 cazuri de regimuri perturbatorii:

— Cazul 1: o cădere de tensiune pe partea de 6 kV de 20% pe ambele secții, în timp de 10 secunde.

În acest caz, toate motoarele de 6 kV declanșează, iar alimentările stațiilor rămîn anclanșate:

— Cazul 2: o cădere de tensiune pe partea de 6 kV de 40%, în timp de 3 secunde, numai pe una din secțiile de bare de 6 kV din stația principală.

În acest caz, declanșează motoarele sincrone și alimentarea stației uzinale de pe bara respectivă și funcționează dispozitivul AAR de pe barele de 6 kV ale stației uzinale.

— Cazul 3: o cădere de tensiune pe partea de 6 kV de 40%, în timp de 3 secunde, pe ambele secții de bare de 6 kV din stația principală.

În acest caz, declanșează întreruptoarele transformatoarelor din stația principală și, fiind o avarie totală, intră automat în funcțiune grupul Diesel.

— Cazul 4: dispariția tensiunii pe una din secțiile de bare de 6 kV din stația uzinală de conexiuni, datorită defectului de alimentare (sau scurtcircuit pe cablul de alimentare în K_1).

În acest caz, declanșează întreruptoarele alimentării respective și funcționează dispozitivul AAR de pe barele de 6 kV ale stației respective.

— Cazul 5: dispariția tensiunii pe una din secțiile de bare datorită unui scurtcircuit pe barele respective (K_2, K_3).

În acest caz, dispozitivele AAR trebuie să fie blocate.

— Cazul 6: dispariția tensiunii pe una din secțiile de bare de joasă tensiune datorită defectului în alimentarea sa (scurtcircuit pe cablurile de 6 kV sau în transformatoare (punctele K_4, K_5).

În acest caz, declanșează întreruptorul de 6 kV și întreruptorul de joasă tensiune asociat, iar dispozitivul AAR funcționează pe partea de joasă tensiune.

Se fac următoarele mențiuni în legătură cu funcționarea automată a diverselor elemente din schemă:

— dispozitivele AAR pe partea de înaltă și joasă tensiune nu funcționează în cazul dispariției totale a tensiunii pe ambele secții de bare;

— la funcționarea dispozitivului AAR de pe partea de înaltă tensiune, dispozitivul AAR de pe partea de joasă tensiune nu trebuie să funcționeze;

— cînd dispozitivul AAR de pe partea de înaltă tensiune refuză să funcționeze, trebuie să funcționeze dispozitivul AAR de pe partea de joasă tensiune;

— cele două întreruptoare încadrînd un transformator de 6/0,4 kV să declanșeze simultan în caz de scurtcircuit pe partea de 6 kV (K_4, K_5);

— funcționarea protecției maximale de curent pe partea de 6 kV din stația principală pe unul din fiderii stației uzinale (K_1, K_6) trebuie să ducă la declanșarea celor două întreruptoare asociate;

— declanșarea prin minimă tensiune a întreruptoarelor alimentărilor normale în stația uzinală de conexiuni nu va duce la declanșarea întreruptoarelor asociate din stația principală.

c) REGIM DE AVARIE TOTALĂ

În acest regim trebuie asigurată continuitatea în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor vitali prin grupul Diesel.

Considerînd că grupul Diesel își începe programul de intrare automată în funcțiune după 3 secunde de la dispariția totală a tensiunii, se disting trei situații de funcționare a sistemului energetic uzinal:

— dispariția totală a tensiunii pe un timp mai mic de 3 secunde;

— dispariția totală a tensiunii pe un timp egal sau mai mare de 3 secunde;

— reapariția tensiunii din sistem.

Prima situație (dispariția totală a tensiunii pe un timp mai mic de 3 secunde):

— întreruptoarele de 6 kV ale motoarelor sincrone din stația principală declanșează;

— restul întreruptoarelor din cele trei stații rămîn anclanșate;

— dispozitivele AAR pe înaltă și joasă tensiune nu funcționează.

La reapariția tensiunii în mai puțin de 3 secunde vor trebui repornite numai motoarele sincrone.

A doua situație (dispariția totală a tensiunii pe un timp egal sau mai mare de 3 secunde).

În această situație, intră în funcțiune un prim programator care, succesiv, la anumite intervale de timp, provoacă următoarele comenzi:

— pornirea grupului Diesel;

— declanşarea întreruptoarelor de 6 kV ale fiderilor de alimentare ai staţiei uzinale de conexiuni;

— declanşarea contactoarelor de cuplă din tablourile de curent continuu;

— declanşarea întreruptoarelor de 6 kV şi a contactoarelor de joasă tensiune ce alimentează consumatorii neesenţiali, întreruptoarele transformatoarelor şi ale consumatorilor esenţiali rămînînd anclanşate;

— anclanşarea întreruptoarelor de 6 kV aferente grupului Diesel.

Astfel, după un timp de circa 50 secunde, toţi consumatorii esenţiali (vitali) sînt alimentaţi de la sursa de intervenţie.

A treia situaţie (reapariţia tensiunii din sistem). Revenirea la situaţia normală, după funcţionarea pe grupul Diesel, se face semiautomat printr-un al doilea programator care, succesiv, la anumite intervale de timp, provoacă următoarele comenzi:

— anclanşarea întreruptoarelor din staţia principală ale fiderilor de alimentare ai staţiei uzinale de conexiuni;

— declanşarea pe rînd a întreruptoarelor grupului Diesel şi anclanşarea întreruptoarelor pe alimentările secţiilor de bare respective din staţia uzinală de conexiuni;

— anclanşarea contactoarelor de cuplă din tablourile de curent continuu.

Astfel, după succesiunea acestor operaţii, barele de înaltă şi joasă tensiune ale sistemului uzinal se găsesc din nou alimentate din sistem, consumatorii vitali continuînd să funcţioneze iar repornirea celorlalţi consumatori se face după cerinţele fiecărei secţii de fabricaţie.

CONCLUZII

Principiile enunţate în lucrarea de faţă, care stau la baza concepţiei schemelor de alimentare ale întreprinderilor din industria chimică, în vederea asigurării continuităţii în alimentarea cu energie electrică, se bazează pe experienţa institutului nostru de proiectare, acumulată în cei peste de 30 ani, pe observaţiile culese din exploatare, pe schimbul de experienţă cu specialiştii din ţările străine şi pe datele din literatura tehnică de specialitate.

Totuşi, aceste principii nu sînt statice, ele evoluează şi urmează a fi reconsiderate ca urmare a rezultatelor din exploatare şi a noilor cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii.

III. DEFECTE ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE

ING. NICOLAE ȘERBAN
I.I.T.P.I.C. – BUCUREȘTI

1. DEFECTELE POSIBILE ȘI CAUZELE LOR

Cele mai frecvente defecte în instalațiile electrice sînt scurtcircuitele (trifazate, bifazate și monofazate). Pe lîngă acestea, în instalațiile electrice mai apar și alte defecte însoțite sau nu de scurtcircuit cum ar fi: scurtcircuit bifazat la pămînt, punere la pămînt simplă sau dublă, întreruperea unei faze, întreruperea unei faze în scurtcircuit monofazat.

Marea majoritate a defectelor reprezintă în fond o formă sau alta de deteriorare a izolației, fie că aceasta este constituită din materiale izolante prevăzute special, fie că este reprezentată de mediul izolant natural (aerul), deteriorarea constînd, în acest caz, în anularea calităților izolante ale spațiului de aer.

Calculul curenților de scurtcircuit din instalațiile electrice de înaltă tensiune se face prin metodele practice cunoscute cu neglijarea rezistențelor, curenților de magnetizare a transformatoarelor, saturației circuitelor magnetice, diferențelor de fază și de valoare efectivă dintre tensiunile electromotoare ale generatoarelor, iar influența consumatorilor este considerată numai în cazuri speciale și în mod aproximativ.

Calculele se efectuează în ipoteza scurtcircuitelor metalice directe, neglijîndu-se prezența și rezistența arcului electric. Valorile obținute cu neglijarea rezistenței arcului vor fi mai mari decît cele reale, după cum se va vedea ulterior; acest fapt este acoperitor din punct de vedere al selectivității protecțiilor (care se verifică pentru cele mai mari valori ale curenților de defect) dar ridică probleme din punct de vedere al sensibilității (aceasta verificîndu-se pentru valorile minime ale curentului de defect) întrucît, în realitate, datorită arcului, valorile curenților vor fi mai mici decît cele rezultate din calculul cu valori minime.

Pentru a asigura acționarea corectă a protecțiilor la defecte prin arc, prescripțiile prevăd valori supraunitare pentru coeficienții de sensibilitate, astfel încît cu toată micșorarea curentului datorită arcului, valoarea acestui curent va rămîne totuși superioară curentului de pornire și protecția va acționa corect.

Principalele regimuri anormale care intervin în proiectarea protecțiilor prin relee sînt supraintensitățile și pendulările.

Supraintensităţile pot fi provocate de un scurtcircuit exterior elementului protejat sau de apariţia unor suprasarcini, care pot fi datorate fie supraîncărcării unor mecanisme antrenate de motoare alimentate prin intermediul elementului protejat, fie unui deficit de putere în instalaţiile electrice, de exemplu, ca urmare a deconectării neprevăzute a unor generatoare importante.

Apariţia unor supraintensităţi nu necesită o deconectare imediată a elementului protejat, însă ele nu pot fi admise pe o durată nedeterminată, întrucît provoacă supraîncălziri, uzura izolaţiei, contactelor etc. De aceea, majoritatea elementelor din instalaţiile electrice (generatoare, transformatoare, anumite motoare electrice) se prevăd cu protecţii temporizate împotriva supraintensităţilor, de regulă cu acţionare la semnalizare.

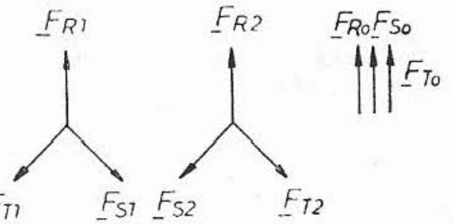
Pendulările nu fac obiectul prezentei prelegeri.

2. CALCULUL CURENŢILOR DE DEFECT ÎN CAZUL SCURTCIRCUITELOR NESIMETRICE

2.1. METODA COMPONENTELOR SIMETRICE

Cea mai simplă metodă de calcul al curenţilor de defect, în cazul scurtcircuitelor nesimetrice, este metoda componentelor simetrice la baza căreia stă faptul că orice sistem de mărimi trifazat (tensiuni, curenţi, fluxuri etc.) poate fi descompus în trei sisteme simetrice de mărimi, această descompunere fiind posibilă şi totodată univocă.

Cele trei sisteme simetrice de mărimi sînt sistemul de secvenţă directă, sistemul de secvenţă inversă şi sistemul de secvenţă homopolară.



sistem direct | sistem invers | sistem homopolar

Avem succesiv:

$$\underline{F}_R = \underline{F}_{R1} + \underline{F}_{R2} + \underline{F}_{R0}$$

$$\underline{F}_S = \underline{F}_{S1} + \underline{F}_{S2} + \underline{F}_{S0}$$

$$\underline{F}_T = \underline{F}_{T1} + \underline{F}_{T2} + \underline{F}_{T0}$$:

Notînd cu a operatorul de rotaţie

$$a = e^{j120^\circ} = 1 \cdot \underline{|120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad ; \quad j = \sqrt{-1} \qquad (1)$$

Dacă se alege faza R ca fază de referinţă avem:

$$\begin{aligned} \underline{F}_R &= \underline{F}_{R1} + \underline{F}_{R2} + \underline{F}_{R0} = \underline{F}_1 + \underline{F}_2 + \underline{F}_0 \\ \underline{F}_S &= a^2\underline{F}_{R1} + a\underline{F}_{R2} + \underline{F}_{R0} = a^2\underline{F}_1 + a\underline{F}_2 + \underline{F}_0 \\ \underline{F}_T &= a\underline{F}_{R1} + a^2\underline{F}_{R2} + \underline{F}_{R0} = a\underline{F}_1 + a^2\underline{F}_2 + \underline{F}_0 \end{aligned} \qquad (2)$$

unde în ultimul membru s-a renunţat la indicele R de referinţă.

Rezolvarea sistemului (2) ne conduce la:

$$\underline{F}_1 = \frac{1}{3}(\underline{F}_R + a\underline{F}_S + a^2\underline{F}_T)$$

$$\underline{F}_2 = \frac{1}{3}(\underline{F}_R + a^2\underline{F}_S + a\underline{F}_T) \qquad (3)$$

$$\underline{F}_0 = \frac{1}{3}(\underline{F}_R + \underline{F}_S + \underline{F}_T)$$

Sistemele de secvență directă și inversă nu sînt numai simetrice ci și echilibrate, întrucît suma geometrică este nulă atît pentru mărimile sistemului de secvență directă, cît și pentru cele ale sistemului de secvență inversă.

Sistemul de secvență homopolară este numai simetric dar nu și echilibrat deoarece:

$$\underline{F}_{R0} = \underline{F}_{S0} = \underline{F}_{T0} = \underline{F}_0$$

$$\underline{F}_{R0} + \underline{F}_{S0} + \underline{F}_{T0} = 3\underline{F}_0 \neq 0 \qquad (4)$$

Metoda componentelor simetrice pentru calculul curenților de defect în cazul scurtcircuitelor nesimetrice constă în determinarea componentelor simetrice ale curenților și tensiunilor, obținîndu-se apoi cu ajutorul relațiilor (2) valorile curenților și tensiunilor pentru cele trei faze.

În scopul stabilirii unor relații între valorile componentelor simetrice ale curenților care circulă printr-un element trifazat și valorile componentelor simetrice ale căderilor de tensiune în acest element, se consideră un element trifazat simetric (care nu conține mașini electrice rotative), cu neutrul legat la pămînt (Fig. 1).

Pentru un element trifazat simetric sînt îndeplinite următoarele condiții:

— impedanțele conectate pe cele trei faze sînt identice;
— rezistențele și inductanțele proprii pe unitate de lungime sînt identice;
— inductanțele mutuale M între oricare din funcțiile de faze sînt identice;
— conductanțele G și capacitățile C_p față de pămînt ale celor trei faze se găsesc în condiții identice.

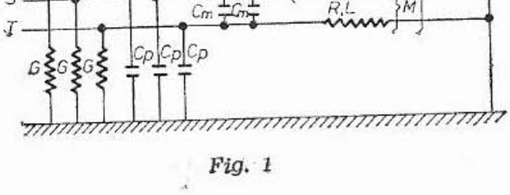


Fig. 1

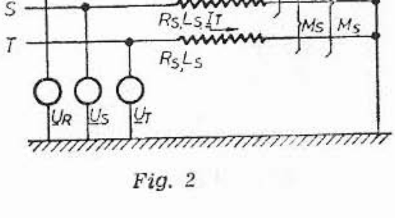


Fig. 2

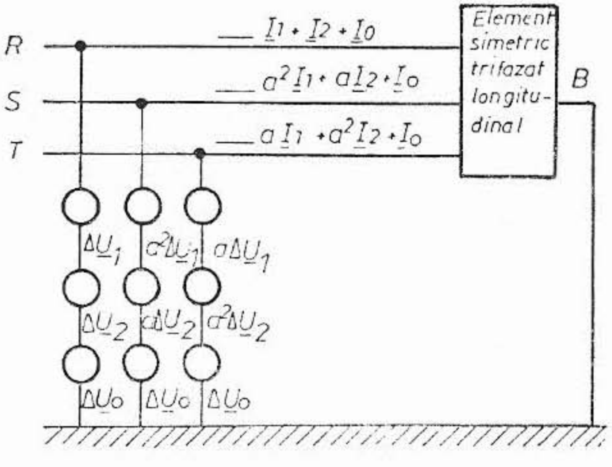


Fig. 3

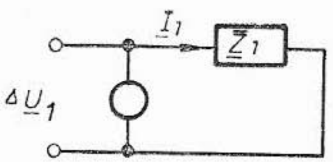


Fig. 4

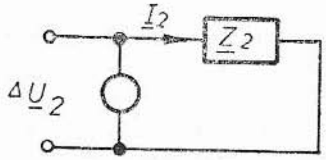


Fig. 5

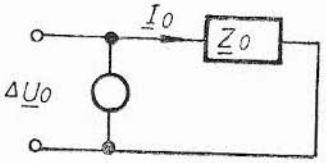


Fig. 6

Dacă elementului trifazat simetric din Fig. 2, i se aplică la capătul A un sistem nesimetric de tensiuni, prin cele trei faze vor circula curenţi care vor constitui de asemenea un sistem nesimetric, valorile şi defazajele acestor curenţi depinzînd de parametrii R_s, L_s şi M_s.

Întrucît potenţialul punctului B — legat la pămînt — este nul, căderile de tensiune provocate de circulaţia curenţilor prin elementul considerat vor fi egale chiar cu tensiunile aplicate în punctul A; se poate deci nota:

$$\begin{aligned} \Delta \underline{U}_R &= \underline{U}_R \\ \Delta \underline{U}_S &= \underline{U}_S \\ \Delta \underline{U}_T &= \underline{U}_T \end{aligned} \qquad (5)$$

Descompunînd sistemele nesimetrice de căderi de tensiune şi curenţi în componentele lor simetrice va rezulta:

$$\begin{aligned} \Delta \underline{U}_R &= \Delta \underline{U}_1 + \Delta \underline{U}_2 + \Delta \underline{U}_0 \\ \Delta \underline{U}_S &= a^2 \Delta \underline{U}_1 + a \Delta \underline{U}_2 + \Delta \underline{U}_0 \\ \Delta \underline{U}_T &= a \Delta \underline{U}_1 + a^2 \Delta \underline{U}_2 + \Delta \underline{U}_0 \end{aligned} \qquad (6)$$

și:

$$\underline{I}_R = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_0$$
$$\underline{I}_S = a^2\underline{I}_1 + a\underline{I}_2 + \underline{I}_0 \qquad (7)$$
$$\underline{I}_T = a\underline{I}_1 + a^2\underline{I}_2 + \underline{I}_0$$

Introducînd în schema din Fig. 2 notațiile corespunzătoare descompunerilor de mai sus se obține Fig. 3, care poate fi utilizată pentru a ilustra independența componentelor simetrice în cazul elementelor trifazate simetrice.

Deoarece fiecare sistem simetric de curenți (Fig. 4, 5, 6) dă naștere unor căderi de tensiune ce formează un sistem simetric de aceeași secvență cu a sistemului de curenți considerat, se poate scrie:

$$\Delta\underline{U}_1 = \underline{Z}_1 \cdot \underline{I}_1 \;;\quad \Delta\underline{U}_2 = \underline{Z}_2 \cdot \underline{I}_2 \;;\quad \Delta\underline{U}_0 = \underline{Z}_0 \cdot \underline{I}_0 \qquad (8)$$

Relațiile (8) exprimă independența componentelor simetrice în cazul elementelor trifazate simetrice, în care:

$\Delta\underline{U}_1$, $\Delta\underline{U}_2$, $\Delta\underline{U}_0$ — sînt componentele simetrice ale sistemului nesimetric de căderi de tensiune în elementul respectiv;

$\underline{I}_1$, $\underline{I}_2$, $\underline{I}_0$ — sînt componentele simetrice ale sistemului nesimetric de curenți care circulă prin elementul considerat;

$\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_0$ — sînt impedanțele echivalente pe fază (egale pentru cele trei faze) în raport cu fiecare din cele trei sisteme simetrice de curenți.

2.2. DETERMINAREA IMPEDANȚELOR $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$, $\underline{Z}_0$

Deoarece în calculul practic al curenților de scurtcircuit se neglijează rezistențele putem considera:

$$\underline{Z}_1 = jX_1$$
$$\underline{Z}_2 = jX_2 \qquad (9)$$
$$\underline{Z}_0 = jX_0$$

unde X_1, X_2, X_0 sînt respectiv reactanța directă, inversă și homopolară.

Reactanțele directe ale tuturor elementelor din sistemele electrice sînt egale cu reactanțele pentru aceste elemente în cazul scurtcircuitelor trifazate simetrice.

Reactanțele inverse sînt egale cu reactanțele directe pentru toate elementele instalațiilor electrice, cu excepția mașinilor electrice rotative.

Deci, pentru transformatoare, linii aeriene de cabluri și reactoare avem:

$$X_2 = X_1$$

Pentru turbogeneratoare și pentru generatoare cu poli aparenți, prevăzute cu bobinaje de amortizare, se adoptă:

$$X_2 = 1{,}22\, X_d''$$

unde X_d'' este reactanța supratranzitorie a generatorului respectiv.

Pentru generatoare cu poli aparenți, fără înfășurări de amortizare se adoptă:

$$X_2 = 1{,}45\, X_d'$$

unde X'_d este reactanța tranzitorie a generatorului.

Pentru calculul reactanțelor homopolare, ținem seama că pentru generatoare avem:

$$X_0 = (0{,}15 \div 0{,}6)\, X_d''$$

La transformatoare, curenții de secvență homopolară nu pot circula prin bobinajele în stea la care neutrul nu este legat la pămînt sau la care nu există un conductor de nul, întrucît în aceste cazuri $\underline{I}_R + \underline{I}_S + \underline{I}_T = 0$ și rezultă $\underline{I}_0 = 0$.

De asemenea, la transformatoarele care au bobinajul în triunghi, curenții de secvență homopolară se închid în interiorul triunghiului și nu circulă în afara limitelor acestui bobinaj.

Ca urmare, aplicînd la bornele bobinajelor legate în stea ale unui transformator cu neutrul nelegat la pămînt — sau fără conductor de nul — tensiuni de secvență homopolară, va rezulta $\underline{I}_0 = 0$ și deci pentru aceste bobinaje $X_0 = \infty$. Aplicînd tensiuni de secvență homopolară bobinajelor legate în Δ ale unui transformator, nu vor apărea curenți de secvență homopolară în elementele conectate în aceste bobinaje, deci și pentru aceste bobinaje rezultă $X_0 = \infty$.

Valorile $X_0 \neq \infty$ pot rezulta numai pentru acele bobinaje ale transformatoarelor care sînt conectate în stea cu neutrul legat la pămînt sau cu conductor de nul.

Pentru transformatoare cu conexiunile Y_0/Δ, indiferent de tipul construcției, se obține:

$$X_0 = X_1$$

Pentru linii de cabluri se poate adopta aproximativ (în cazul cablurilor trifazate):

$$X_0 = (3{,}5 \div 4{,}6)\, X_1$$

Pentru reactoare:

$$X_0 \cong X_1$$

3. ALCĂTUIREA SCHEMELOR ECHIVALENTE DE SECVENȚĂ DIRECTĂ, INVERSĂ ȘI HOMOPOLARĂ

Schema de secvență directă este identică cu schema pentru calculul scurtcircuitului trifazat, reactanțele din această schemă fiind egale cu reactanțele directe, iar tensiunile electromotoare ale surselor fiind tensiuni electromotoare de secvență directă.

Punctul defectului este punctul final al schemelor și se notează cu K_1, iar punctul neutru al sursei echivalente este considerat punctul inițial al schemei și se notează cu N_1. În schemele echivalente, tensiunea electromotoare echivalentă este aplicată acestui punct.

Schema de secvență inversă cuprinde toate elementele care intră și în componența schemei de secvență directă, însă mașinile rotative sînt introduse prin valorile reactanțelor inverse. Întrucît se consideră că sursele de alimentare ale tensiunii electromotoare de secvență inversă sînt nule, în schemele de secvență inversă nu apar tensiuni electromotoare și de aceea, neutrele tuturor generatoarelor se unesc într-un punct de potențial nul, punctul inițial al schemei și notat cu N_2, punctul final fiind locul defectului notat cu K_2.

Schema de secvență homopolară cuprinde numai elementele prin care circulă curenții de secvență homopolară, aceste elemente — introduse în schemă prin valorile reactanțelor homopolare — aflîndu-se între punctul defect și punctele legate la pămînt ale bobinajelor legate în stea ale transformatoarelor. Toate punctele legate la pămînt au potențial nul, se unesc într-un singur punct, considerat punctul inițial al schemei și notat cu N_0, iar punctul final este punctul defectului și se notează cu K_0. Ca și în schema de secvență inversă, în schema de secvență homopolară nu apar tensiuni electromotoare ale surselor, acestea producînd numai tensiuni electromotoare de secvență directă.

Valorile componentelor simetrice $\underline{U}_{k1}$, $\underline{U}_{k2}$, $\underline{U}_{k0}$ ale tensiunii din punctul defectului sînt determinate de relațiile:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{K1} &= \underline{E}_{\Sigma f} - j\underline{I}_{K1} \cdot X_{1ech} \\ \underline{U}_{K2} &= 0 \quad - j\underline{I}_{K2} \cdot X_{2ech} \\ \underline{U}_{K0} &= 0 \quad - j\underline{I}_{K0} \cdot X_{0ech} \end{aligned} \qquad (10)$$

în care:

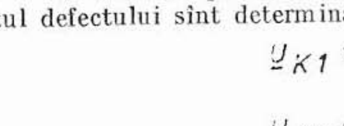


Fig. 7

$E_{\Sigma f}$ — este valoarea pe fază a tensiunii electromotoare echivalente — după transformarea schemei pînă la aspectul din Fig. 7 — a surselor ce alimentează defectul;

$\underline{I}_{K1}$, $\underline{I}_{K2}$, $\underline{I}_{K0}$ — componentele simetrice ale curentului din punctul defectului;

X_{1ech}, X_{2ech}, X_{3ech} — reactanțele echivalente de secvență directă, inversă și homopolară obținute prin transformarea schemelor de secvență directă, inversă și homopolară.

3.1. SCURTCIRCUIT BIFAZAT

În cazul unui scurtcircuit bifazat metalic, de exemplu între fazele S și T, într-un punct K (Fig. 8), adoptînd convențional ca sens pozitiv al curenților sensul spre defect considerat pe o derivație din acest punct, astfel încît curenții în locul defectului să fie curenții totali debitați de sursele din stînga și de cele din dreapta, au loc următoarele relații (cu neglijarea curentului de sarcină):

$$\begin{aligned} \underline{I}_{KS}^{(2)} &= -\underline{I}_{KT}^{(2)} \\ \underline{I}_{KR}^{(2)} &= 0 \\ \underline{U}_{KS}^{(2)} &= \underline{U}_{KT}^{(2)} \end{aligned} \tag{11}$$

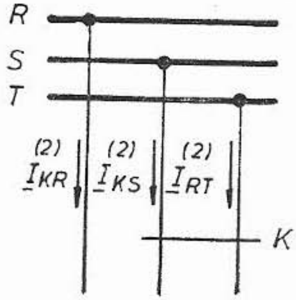


Fig. 8

respectiv:

$$\underline{U}_{KS}^{(2)} - \underline{U}_{KT}^{(2)} = 0 \tag{12}$$

Suma geometrică a curenților fiind nulă, rezultă:

$$\underline{I}_{K0}^{(2)} = 0 \tag{13}$$

și ținînd seama de:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{K1}^{(2)} &= \underline{E}_{\Sigma 1} - j\underline{I}_{K1}^{(2)} \cdot X_{1ech} \\ \underline{U}_{K2}^{(2)} &= 0 - j\underline{I}_{K2}^{(2)} \cdot X_{2ech} \\ \underline{U}_{K0}^{(2)} &= 0 - j\underline{I}_{K0}^{(2)} \cdot X_{0ech} \end{aligned} \tag{14}$$

avem:

$$\underline{U}_{K0}^{(2)} = 0 \tag{15}$$

şi:

$$\underline{I}_{KR}^{(2)} = \underline{I}_{K1}^{(2)} + \underline{I}_{K2}^{(2)} + \underline{I}_{K0}^{(2)}$$

$$\underline{I}_{KR}^{(2)} = \underline{I}_{K1}^{(2)} + \underline{I}_{K2}^{(2)} = 0 \quad (16)$$

$$\underline{I}_{K1}^{(2)} = -\underline{I}_{K2}^{(2)} \quad (17)$$

(curentul de secvenţă directă este egal şi de semn contrar cu curentul de secvenţă inversă).

$$\underline{U}_{K1}^{(2)} = \frac{1}{3}(\underline{U}_{KR}^{(2)} + a\underline{U}_{KS}^{(2)} + a^2\underline{U}_{KT}^{(2)}) =$$

$$= \frac{1}{3}[\underline{U}_{KR}^{(2)} + (a + a^2)\underline{U}_{KS}^{(2)}]$$

$$\underline{U}_{K2}^{(2)} = \frac{1}{3}(\underline{U}_{KR}^{(2)} + a^2\underline{U}_{KS}^{(2)} + a\underline{U}_{KT}^{(2)}) = \quad (18)$$

$$= \frac{1}{3}[\underline{U}_{KR}^{(2)} + (a + a^2)\underline{U}_{KS}^{(2)}] = \underline{U}_{K1}^{(2)}$$

deci: $\underline{U}_{K1}^{(2)} = \underline{U}_{K2}^{(2)}$

Avem succesiv:

$$\underline{U}_{K1}^{(2)} = \underline{E}_{\Sigma f} - j\underline{I}_{K1}^{(2)} \cdot X_{1ech} = \underline{U}_{K2}^{(2)} = -j\underline{I}_{K2}^{(2)} X_{2ech} \quad (19)$$

sau:

$$\underline{E}_{\Sigma f} - j\underline{I}_{K1}^{(2)} X_{1ech} = j\underline{I}_{K1}^{(2)} X_{2ech} \quad (20)$$

$$\underline{I}_{K1}^{(2)} = \frac{\underline{E}_{\Sigma f}}{j(X_{1ech} + X_{2ech})} \quad (21)$$

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{E_{\Sigma f}}{X_{1ech} + X_{2ech}} \quad (22)$$

respectiv schema echivalentă din Fig. 9.

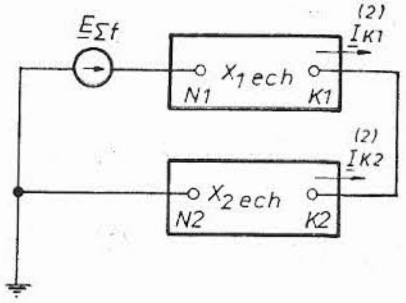


Fig. 9

Curenţii pe fazele defecte la locul de scurtcircuit sînt:

$$\underline{I}_{KS}^{(2)} = a^2\underline{I}_{K1}^{(2)} + a\underline{I}_{K2}^{(2)} = a^2\underline{I}_{K1}^{(2)} - a\underline{I}_{K1}^{(2)} = (a^2 - a)\underline{I}_{K1}^{(2)} = -j\sqrt{3}\underline{I}_{K1}^{(3)}$$

$$\begin{aligned} \underline{I}_{KT}^{(2)} &= j\sqrt{3}\,\underline{I}_{K1}^{(3)} \\ I_{KS}^{(2)} &= I_{KT}^{(2)} = \sqrt{3}I_{K1}^{(2)} \\ I_{KS}^{(2)} &= I_{KT}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}\,E_{\Sigma f}}{X_{1ech} + X_{2ech}} \end{aligned} \tag{23}$$

Dacă se consideră: $E_{\Sigma f} \cong U_{fnom}$ (24)

rezultă:

$$I_{KS}^{(2)} = I_{KT}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}\,U_{fnom}}{X_{1ech} + X_{2ech}} \tag{25}$$

3.2. SCURTCIRCUIT MONOFAZAT

Considerînd schema din Fig. 10 în care presupunem că avem un scurtcircuit metalic pe faza R, obţinem (neglijînd curenţii de sarcină):

$$\underline{I}_{KS}^{(1)} = 0 \qquad (26)$$

$$\underline{I}_{KT}^{(1)} = 0$$

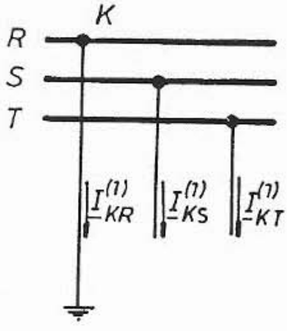


Fig. 10

iar tensiunea fazei defecte va fi nulă în punctul punerii la pămînt:

$$\underline{U}_{KR}^{(1)} = 0 \qquad (27)$$

Pe o cale analoagă cu cea de la scurtcircuitul bifazat se obţine:

$$\underline{I}_{K1}^{(1)} = \frac{\underline{E}_{\Sigma f}}{j(X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech})} \qquad (28)$$

respectiv:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{E_{\Sigma f}}{X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech}} \qquad (29)$$

sau aproximînd:

$$E_{\Sigma f} \cong U_{fnom}$$

$$I_{(K1)}^{(1)} = \frac{U_{fnom}}{X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech}} \qquad (30)$$

Curentul din faza defectă, circulînd în punctul K este:

$$\underline{I}_{KR}^{(1)} = 3\underline{I}_{K1}^{(1)} = \frac{3E_{\Sigma f}}{j(X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech})} \qquad (31)$$

cu valoarea absolută:

$$I_{KR}^{(1)} = 3I_{K1}^{(1)} = \frac{3E_{\Sigma f}}{X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech}} \qquad (32)$$

respectiv cu aproximație:

$$E_{\Sigma f} \cong U_{fnom} \tag{33}$$

avem:

$$\underline{I}_{KR}^{(1)} = \frac{3U_{fnom}}{X_{1ech} + X_{2ech} + X_{0ech}} \tag{34}$$

Schema echivalentă este arătată în Fig. 11.

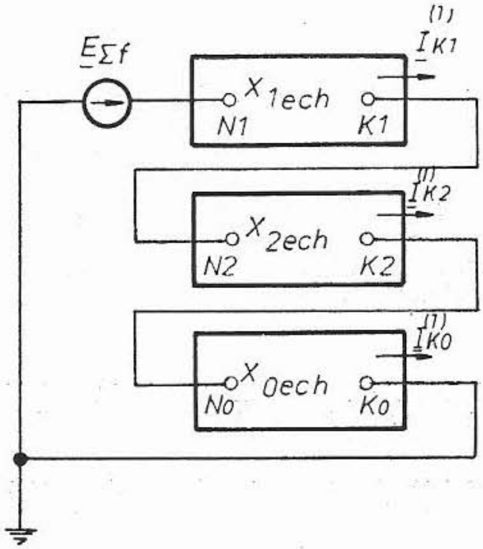


Fig. 11

BIBLIOGRAFIE

]1] CĂLIN, S., MARCU, S. — *Protecția prin relee a sistemelor electrice.* Editura tehnică, 1975.

[2] BADEA, I. și colectiv — *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice.* Editura tehnică, 1973.

IV. METODĂ SIMPLIFICATĂ PENTRU CALCULE DE SCURTCIRCUIT

Ing. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. – BUCUREȘTI

1. INTRODUCERE

Calculul curenților de scurtcircuit în instalațiile electroenergetice de curent trifazat cu tensiunea între 1 și 400 kV se efectuează în conformitate cu PE 134/74 „Normativ privind metodologia de calcul a curenților de scurtcircuit. Instalații cu tensiunea peste 1 kV".

Metoda simplificată prezentată în cele expuse mai jos are avantajul că folosește unități absolute (nu relative).

Această metodă este aplicabilă în special rețelelor electrice de distribuție fără generatoare electrice apropiate de locul scurtcircuitului considerat.

2. SCURTCIRCUIT TRIFAZAT LA BORNELE UNUI TRANSFORMATOR ELECTRIC CU DOUĂ ÎNFĂȘURĂRI

Schema electrică este dată în Fig. 1, iar schema electrică echivalentă este indicată în Fig. 2.

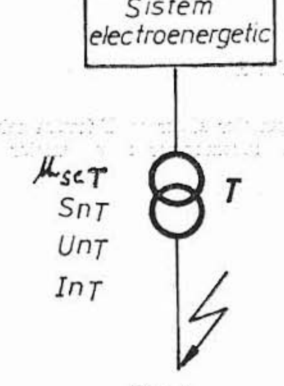


Fig. 1

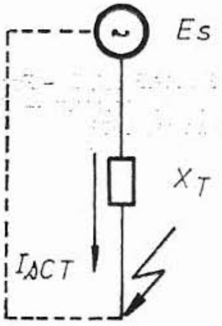


Fig. 2

În primă aproximaţie se neglijează reactanţa sistemului electroenergetic ce alimentează transformatorul. Curentul de scurtcircuit trifazat I_{scT} este:

$$I_{scT}=\frac{E_s}{X_T}\cong\frac{U_{nT}}{\sqrt{3}\cdot X_T}=\frac{U_{nT}\cdot I_{nT}}{\sqrt{3}\cdot X_T\cdot I_{nT}}=\frac{U_{nT}\cdot I_{nT}}{u_{scT}\cdot U_{nT}}=\frac{I_{nT}}{u_{scT}} \quad (1)$$

$$S_{scT}=\sqrt{3}\cdot U_{nT}\cdot I_{scT}=\frac{\sqrt{3}\cdot U_{nT}\cdot I_{nT}}{u_{scT}}=\frac{S_{nT}}{u_{scT}} \quad (2)$$

în care:

E_s este tensiunea pe fază a generatorului echivalent al sistemului;
X_T — reactanţa pe fază a transformatorului T.

3. SCURTCIRCUIT TRIFAZAT LA BORNELE UNEI BOBINE DE REACTANŢĂ

Schema electrică este dată în Fig. 3 şi 4.

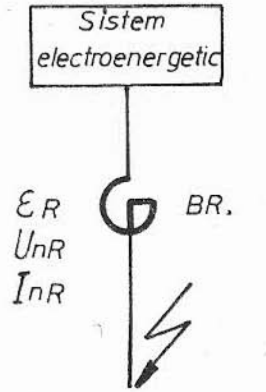


Fig. 3

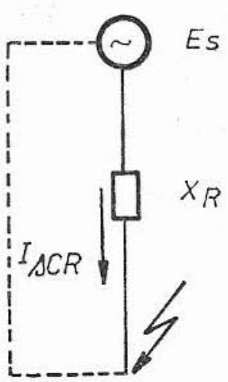


Fig. 4

În primă aproximaţie se neglijează reactanţa sistemului electroenergetic. Curentul de scurtcircuit trifazat I_{scR} este:

$$I_{scR}=\frac{E_s}{X_R}\cong\frac{U_{nR}}{\sqrt{3}\cdot X_R}=\frac{U_{nR}\cdot I_{nR}}{\sqrt{3}\cdot X_R\cdot I_{nR}}=\frac{U_{nR}\cdot I_{nR}}{\varepsilon_R\cdot U_{nR}}=\frac{I_{nR}}{\varepsilon_R} \quad (3)$$

$$S_{scR}=\sqrt{3}\cdot U_{nR}\cdot I_{scR}=\frac{\sqrt{3}\cdot U_{nR}\cdot I_{nR}}{\varepsilon_R} \quad (4)$$

unde X_R este reactanţa pe fază a bobinei de reactanţă BR.

4. O FORMULĂ DE CORECŢIE

Neglijînd reactanţa echivalentă a sistemului electroenergetic, relaţiile (1), (2), (3), (4) conduc la rezultate acoperitoare (mai mari decît cele reale).

Considerarea valorii zero pentru reactanţa sistemului electroenergetic este echivalentă cu puterea de scurtcircuit infinită. În realitate, valoarea puterii de scurtcircuit este finită şi, în general, cunoscută. Aceasta corespunde unei reactanţe diferite de zero.

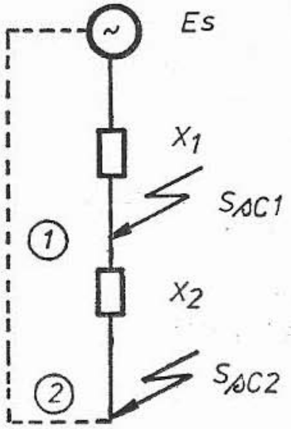


Fig. 5

Schema echivalentă este dată în Fig. 5.

Puterea de scurtcircuit trifazat în punctul ① este:

$$S_{sc1}=3\cdot E_s\cdot I_{sc}=3\cdot E_s\cdot \frac{E_s}{X_1}=\frac{3\cdot E_s^2}{X_1} \qquad (5)$$

Puterea de scurtcircuit trifazat în punctul ② este:

$$S_{sc2}=\frac{3\cdot E_s^2}{X_1+X_2} \qquad (6)$$

Considerînd: $X_1=0$ ($S_{sc1}=\infty$), se obţine puterea de scurtcircuit trifazat în punctul (2):

$$S_{sc2\infty}=\frac{3\cdot E_s^2}{X_2} \qquad (7)$$

Din relaţiile: (5), (6), (7) se obţine:

$$X_1+X_2=\frac{3\cdot E_s^2}{S_{sc1}}+\frac{3\cdot E_s^2}{S_{sc2\infty}}=\frac{3\cdot E_s^2}{S_{sc2}} \qquad (8)$$

sau:

$$\frac{1}{S_{sc2}}=\frac{1}{S_{sc2\infty}}+\frac{1}{S_{sc1}} \qquad (9)$$

Relaţia (9) este formula de corecţie, în care $S_{sc2\infty}$ se calculează cu relaţia (2) sau (4).

V. TRATAREA NEUTRULUI ÎN REȚELELE DE MEDIE TENSIUNE

Ing. EMILIAN ȘUȚA
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

1. IMPLICAȚIILE UNEI PUNERI LA PĂMÎNT ÎNTR-O REȚEA CU NEUTRUL IZOLAT

Dacă într-un sistem electric, unul din conductoare este pus accidental la pămînt, prin locul defectului se poate scurge un curent considerabil care se propagă în pămînt.

În sistemele de curent continuu, cu punctul neutru izolat, dacă minimum două puncte nu sînt legate la pămînt, nu se va dezvolta nici un curent de pămînt.

În sistemele de curent alternativ însă, curentul de punere la pămînt în punctul defect se poate întoarce la sursă prin capacitatea față de pămînt a liniilor sănătoase, în felul acesta se pot dezvolta curenți de pămînt considerabili chiar dacă în întregul sistem există numai un singur punct pus la pămînt.

Pentru rețelele aeriene sau de cabluri, cu întindere moderată, inductanța și rezistența liniilor pot fi neglijate în comparație cu capacitatea circuitelor prin care trec curenții de punere la pămînt. De asemenea, influența inductanței de scăpări a generatoarelor și a transformatoarelor este destul de mică față de efectul capacităților și se poate neglija.

Prin urmare, dacă neglijăm inductanța și rezistența circuitului în comparație cu reactanța capacitivă a liniei, rezultă că valoarea curentului de punere la pămînt este determinată numai de capacitatea față de pămînt a conductoarelor și evident de tensiunea aplicată acestei capacități.

Valoarea curentului de punere la pămînt se poate determina prin metoda suprapunerii, care ușurează calculul.

Prin punerea directă la pămînt a unui punct al rețelei, tensiunea între conductorul defect și pămînt variază în acel loc de la valoarea U_f, corespunzător funcționării normale, pînă la zero.

Prin urmare, la locul punerii la pămînt, peste sistemul normal de tensiuni și de curenți se suprapune o tensiune $-U_f$, astfel încît suma celor două tensiuni la locul punerii la pămînt este nulă [1].

Se poate considera că diferențele dintre regimul normal și cel cu defect sînt datorate existenței tensiunii $-U_f$.

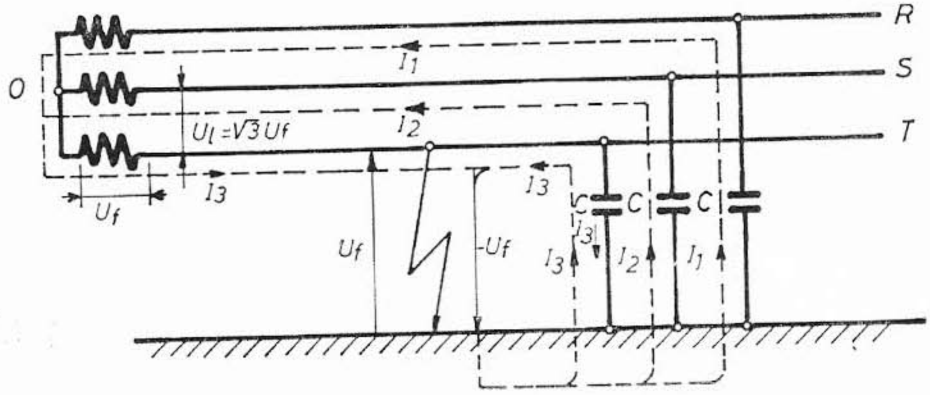


Fig. 1

Această tensiune variază armonic ca și tensiunea sistemului și produce un curent alternativ care pornește din locul defectului. Curentul circulă prin pămînt, prin capacitățile C dintre pămînt și linie și se întoarce direct prin conductorul defect și indirect prin conductoarele sănătoase și sursă, la locul defectului.

Acea parte a curentului de punere la pămînt care circulă prin capacitatea conductorului defect compensează curentul capacitiv din regim normal, cealaltă parte a curentului, circulînd prin capacitățile conductoarelor sănătoase, se adună la curenții capacitivi normali, mărindu-le valoarea.

Curentul de punere la pămînt produce o încărcare suplimentară a transformatorului sau a generatorului de alimentare.

Valoarea curentului de punere la pămînt în sistemele trifazate, dacă se neglijează reactanța inductivă și rezistența liniilor precum și inductanța de scăpări a transformatoarelor și generatoarelor, este:

$$I_p = \frac{U_f}{X} = \frac{U_f}{\frac{1}{3\,\omega C}} = 3\,\omega C U_f$$

$$X = \frac{1}{\omega C} \,||\, \frac{1}{\omega C} \,||\, \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3\,\omega C}$$

Valoarea curentului capacitiv al fiecărui conductor sănătos în regim normal de funcționare (fără punere la pămînt) este:

$$I_{cf} = \frac{U_f}{X} = \frac{U_f}{\frac{1}{\omega C}} = \omega C U_f$$

Rezultă că, curentul de punere la pămînt în sistemele trifazate este de trei ori mai mare decît curentul capacitiv al fiecărui conductor sănătos.

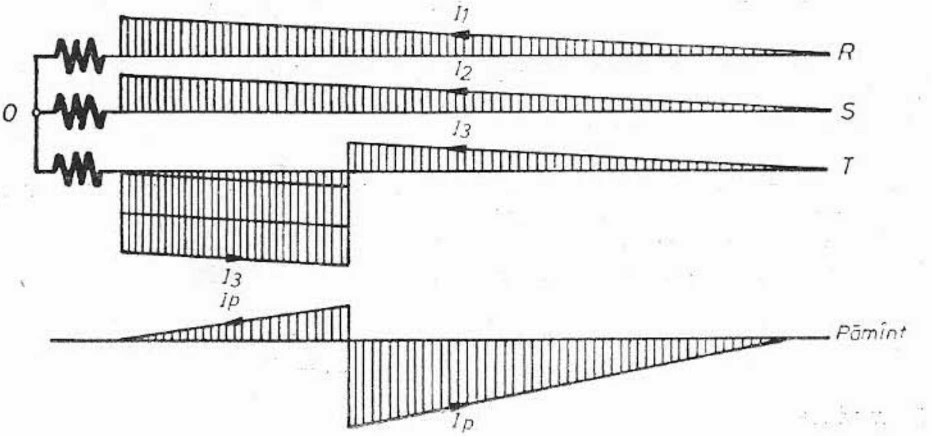


Fig. 2

Puterea reactivă suplimentară care trebuie debitată de sursă, pe lîngă sarcina normală este:

$$Q = U_f \cdot I_p = U_f \cdot 3\omega C U_f = 3\omega C U_f^2 = \omega C U_l^2$$

În Fig. 2 este reprezentată distribuția curenților de punere la pămînt în conductoarele sănătoase și în cele defecte ale unui sistem trifazat, precum și în pămînt.

Curenții capacitivi de punere la pămînt sînt distribuiți uniform pe întreaga lungime a conductoarelor; în acest fel, curentul în fiecare din cele trei conductoare crește linear spre locul defectului. În conductorul defect apare o discontinuitate în punctul de punere la pămînt. În partea dreaptă a acestuia, curentul variază ca și în conductoarele sănătoase. În partea stîngă, curentul de punere la pămînt se scurge către locul defectului și din această cauză crește în sens opus. Pe lîngă aceasta, prin partea din stînga trec spre pămînt și cei doi curenți capacitivi ai conductoarelor sănătoase.

În pămînt, o parte a curentului se propagă de-a lungul liniei spre dreapta, iar cealaltă spre stînga. Curenții din pămînt cresc, de asemenea, linear de la extremități către locul defectului și constituie o imagine simetrică a sumei curenților din conductoare.

Curenții de punere la pămînt se suprapun peste curenții capacitivi normali și peste curenții de sarcină. Spre deosebire de curenții capacitivi normali care, în condiții de simetrie a tuturor conductoarelor, încarcă sursa cu o sarcină simetrică echilibrată, curenții de punere la pămînt determină o sarcină monofazată suplimentară și în consecință provoacă o deformare a sistemelor de tensiune și de curent din rețea.

Neglijarea inductanței proprii a liniilor nu se poate face în toate cazurile, ci numai atunci cînd pulsația naturală a sistemului pus la pămînt este mult mai mare decît pulsația sistemului.

În rețelele mixte cu cabluri subterane și linii aeriene, se obțin pulsații naturale destul de joase care pot fi comparate uneori cu pulsația sistemului.

1.1. DETERMINAREA PULSAŢIEI NATURALE A SISTEMULUI

Cu o mică aproximaţie, sistemul pus la pămînt poate fi considerat un circuit serie R, L, C, conform Fig. 3 în care:

R este rezistenţa conductoarelor şi traseului prin pămînt al curenţilor de punere la pămînt;

L — inductanţa sistemului, ponderea cea mai importantă revenind liniilor electrice aeriene (dacă există);

C — capacitatea totală a sistemului.

În acest circuit, dacă se aplică legea lui Ohm, se va obţine:

$$\underline{I}=\frac{\underline{U}_f}{\underline{Z}}=\frac{\underline{U}_f}{R+jX}=\frac{\underline{U}_f}{R+j\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)}$$

în module:

$$I=\frac{U_f}{\sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

Curentul are valoare maximă cînd $L\omega=\frac{1}{C\omega}$, respectiv:

$$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Pentru această valoare a pulsaţiei, termenii L şi C din paranteză, se compensează şi curentul capătă o valoare maximă de rezonanţă.

În circuitele de curent alternativ rezistenţa este menţinută în general la valori foarte mici pentru micşorarea pierderilor de energie.

De aceea, curentul de rezonanţă poate atinge valori foarte mari dacă amplitudinea U a unei armonici oarecare a tensiunii aplicate, a cărei frecvenţă satisface condiţia de rezonanţă, are o valoare considerabilă.

Dacă frecvenţa fundamentală a tensiunii aplicate este apropiată de frecvenţa naturală, în circuit apar oscilaţii acordate, cu mari amplitudini ale curentului, adică fenomene de rezonanţă.

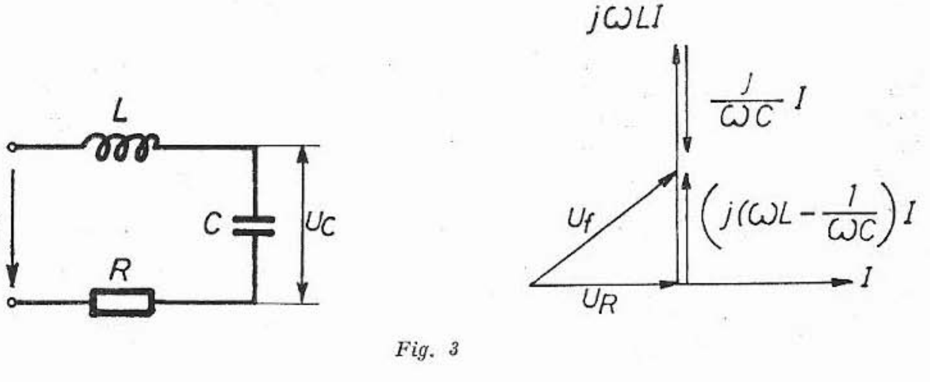


Fig. 3

Curenţii de rezonanţă sînt adesea legaţi de apariţia în circuit a unor tensiuni mari.

1.2. EXPLICAŢIA SUPRATENSIUNILOR PRIN TEORIA ARCULUI INTERMITENT

Această explicaţie îşi are originea în faptul că la reţelele de înaltă tensiune cu neutrul izolat, arcul de conturnare al izolatoarelor se menţine un timp îndelungat atunci cînd apare fenomenul şi anume atît timp cît durează supratensiunea.

De altfel, se poate crede întotdeauna că contactul cu pămîntul s-a făcut prin arc, oricît de scurt ar fi acesta, chiar atunci cînd defectul are loc într-un cablu, într-o mufă sau în general într-un izolant oarecare.

Arcul odată produs, curentul va oscila cu perioada proprie a circuitului respectiv, prin care se închide, trecînd periodic prin valoarea zero. Se admite că la trecerea prin valoarea zero, curentul nu se restabileşte imediat în celălalt sens, ci prezintă o intermitenţă.

Aceste intermitenţe produc o încărcare a capacităţilor între faze şi între faze şi pămînt, ceea ce duce la o ridicare generală a potenţialului.

SUPRATENSIUNI DATORATE COMUTAŢIEI

Supratensiunea datorată comutaţiei nu este în general periculoasă dacă nu este însoţită de alte fenomene, ea dînd o solicitare scurtă în timp, pentru care materialul reţelelor este, în general, suficient de rezistent.

Numai caracterul de durată care trebuie căutat în existenţa unei surse cu caracter permanent, şi nu în descărcarea unei cantităţi limitate de electricitate conţinută într-un anumit circuit, poate să producă deteriorări grave chiar în cazul supratensiunilor nu prea ridicate.

Privită prin prisma punerilor la pămînt, supratensiunile datorate comutaţiei devin foarte periculoase în momentul în care se conectează o linie care are o punere la pămînt.

În acest caz, peste tensiunea fazelor sănătoase faţă de pămînt, care este tensiunea de linie, se suprapun supratensiunile de comutaţie şi se pot produce puneri la pămînt prin simpatie pe fazele sănătoase.

SUPRATENSIUNI DATORATE REACŢIEI INDUSULUI GENERATOARELOR

Faptul că supratensiunile ce apar într-o reţea în timpul unei puneri la pămînt durează un timp relativ lung, incomparabil mai lung decît ordinul de mărime al constantelor de timp ale circuitelor respective, şi faptul că au o întindere mare în spaţiul din reţeaua respectivă, ne determină să căutăm cauza apariţiei acestor supratensiuni în jurul fenomenelor cu caracter oarecum permanent care ar avea loc în cazul unui defect la pămînt al unei faze.

Ing. Paul Dimo a arătat în 1952 [2], că reacția indusului generatoarelor împreună cu caracteristicile statice ale sarcinilor pot fi cauza unor supratensiuni frecvente și importante.

DIAGRAMA TENSIUNILOR ÎN CAZUL UNEI PUNERI LA PĂMÎNT

Punerea la pămînt a unei faze produce o modificare a tensiunilor față de pămînt a tuturor fazelor și a punctului neutru ideal al sistemului.

În fapt, tensiunea față de pămînt a fazei defecte (în atingere cu pămîntul) devine nulă, iar tensiunile față de pămînt ale fazelor sănătoase cresc, devenind egale cu tensiunile între faze, conform diagramei din Fig. 4:

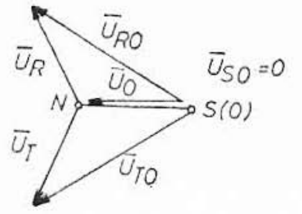


Fig. 4

Punctul neutru care, înainte de defect avea din motive de simetrie, potențialul pămîntului, capătă acum față de acesta o tensiune egală și de sens contrar cu tensiunea pe fază a fazei defecte.

Această tensiune a punctului neutru față de pămînt, se numește deplasarea punctului neutru.

Se observă deci că, la apariția unei puneri la pămînt, izolația față de pămînt a fazelor sănătoase este solicitată mai mult decît în condiții normale.

Cel mai des, mai ales în cazul rețelelor aeriene, punerea la pămînt nu este netă, ci are loc printr-un arc electric cu o oarecare rezistență.

Spre deosebire de cele arătate anterior, în cazul punerii la pămînt a unei faze printr-un arc electric, potențialul acesteia diferă de cel al pămîntului prin căderea de tensiune în arc. Diagrama tensiunilor va diferi de cea din cazul punerii la pămînt nete, conform diagramei din Fig. 5.

Tensiunea U_0 nu mai este egală și de sens contrar cu tensiunea pe fază a fazei defecte ci este întotdeauna mai mică decît aceasta.

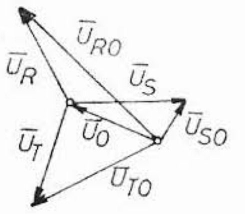


Fig. 5

În acest caz, curentul care se închide prin locul defectului este suma celor trei curenţi capacitivi determinaţi de tensiunile faţă de pămînt ale celor trei faze, faza defectă avînd o tensiune proprie faţă de pămînt şi deci un curent corespunzător.

CONCLUZII

Punerea la pămînt într-un sistem trifazat a unei faze are următoarele efecte:

a) Apariţia unui curent de punere la pămînt, prin locul defect, care este de trei ori mai mare decît curentul capacitiv de punere la pămînt al fiecărui conductor sănătos.

b) Tensiunea faţă de pămînt a fazelor sănătoase devine egală cu tensiunea între faze, iar faza pe care are loc punerea la pămînt ia potenţialul pămîntului. Tensiunea punctului neutru al sistemului faţă de pămînt devine egală cu tensiunea pe fază a fazei defecte.

c) Apariţia unor supratensiuni pe fazele sănătoase, generate de:

— producerea unui arc intermitent;

— producerea armonicilor de ordin superior, datorită rezistenţei nelineare a arcului electric, unele dintre armonici avînd pulsaţia apropiată de pulsaţia naturală a sistemului;

— producerea unor supratensiuni de comutaţie în momentul anclanşării unei linii, care are o punere la pămînt;

— reacţia indusului generatoarelor.

2. TRATAREA NEUTRULUI PRIN BOBINA DE STINGERE

Rezultatele analizei avariilor din sistemele energetice referitoare la distrugerea izolaţiei, au arătat că cel mai mare procent revine distrugerii izolaţiei unei faze faţă de pămînt. Punerile la pămînt se pot dezvolta în scurtcircuite bifazice sau trifazice, care au ca rezultat avarii dintre cele mai grave.

Prevenirea unor astfel de avarii se poate realiza prin compensarea curenţilor capacitivi ai reţelei cu curenţi inductivi debitaţi de bobine sau transformatoare de stingere. Cea mai utilizată metodă este cu ajutorul bobinelor de stingere.

Compensarea prin bobine de stingere se aplică în scopul limitării curenţilor de punere la pămînt şi a stingerii arcului în locul punerii la pămînt.

Prin compensare, se micşorează viteza de restabilire a tensiunii pe faza defectă după stingerea arcului de punere la pămînt, ceea ce permite să se restabilească proprietăţile dielectrice ale locului defect.

Principiul compensării curenţilor capacitivi de punere la pămînt este arătat în Fig. 6:

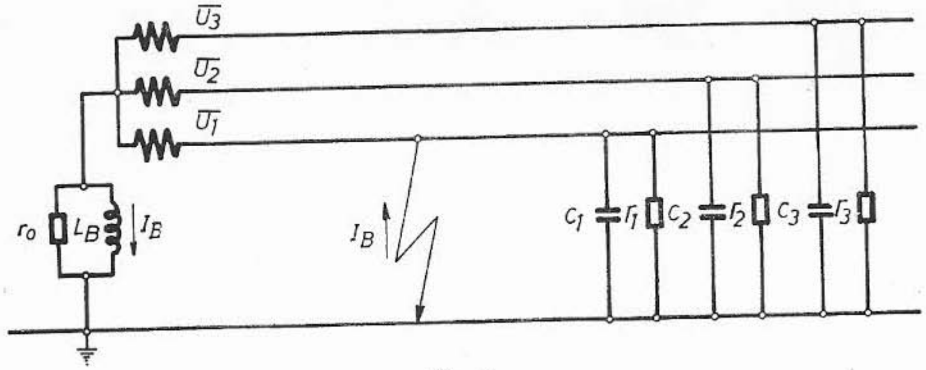


Fig. 6

în care: C_1, C_2, C_3 sînt capacitățile celor trei faze față de pămînt;

$\frac{1}{r_1}, \frac{1}{r_2}, \frac{1}{r_3}$ — conductanțele fazelor determinate de pierderile de putere activă în izolație;

L_B — inductanța bobinei;

$\frac{1}{r_0}$ — conductanța bobinei determinată de pierderile de putere activă;

U_1, U_2, U_3 — tensiunile celor trei faze față de pămînt.

Montarea bobinei de stingere în punctul neutru determină o tensiune de deplasare U_0 care este determinată de prezența unei nesimetrii în rețea.

Tensiunea de deplasare a punctului neutru se calculează din formula generală:

$$\underline{U}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{3} \underline{Y}_i \underline{U}_i}{\underline{Y}_0 + \sum_{i=1}^{3} \underline{Y}_i}$$

în care:

$\underline{Y}_i$ este admitanța fazei corespunzătoare;

$\underline{U}_i$ — tensiunea fazei față de pămînt

$\underline{Y}_0$ — admitanța bobinei de stingere.

În final rezultă:

$$\underline{U}_0 = \frac{U_f}{v - jd}$$

unde v este gradul de dezacord al rețelei;

d — coeficientul de amortizare al rețelei.

Gradul de dezacord v și gradul de acord $k=1-v$ pot fi exprimate și prin valorile curentului capacitiv al rețelei și al curentului de compensare al bobinei:

$$v = \frac{I_C - I_B}{I_C}, \quad \text{respectiv:} \quad k = \frac{I_B}{I_C}$$

Coeficientul de amortizare al oscilațiilor libere în rețea poate fi exprimat prin raportul dintre componenta activă a curentului de punere la pămînt și valoarea totală a curentului capacitiv al rețelei, adică:

$$d=\frac{I_r}{I_C}$$

Pentru rețelele în cablu, $d=2\div4\%$ iar cînd izolația acestor cabluri este îmbătrînită d poate ajunge la 6%.

La punerea la pămînt a unei faze, se formează un circuit închis prin bobină, prin faza defectă, prin locul de punere la pămînt și pămînt.

Curentul care ia naștere neglijînd rezistența ohmică a bobinei este:

$$\underline{I}_B=\frac{\underline{U}_1}{jX_B}=\frac{U_1}{j\omega L}$$

Tensiunea de deplasare a punctului neutru este tensiunea rezultată din trecerea acestui curent prin impedanța bobinei de stingere.

Într-o rețea cu neutrul izolat și cu capacități egale între faze și pămînt, sursa de alimentare produce o putere reactivă:

$$Q=3\,U_f\cdot I_C=3\,U_f\frac{U_f}{\frac{1}{\omega C}}=3\omega CU_f^2=U_f\cdot I_p$$

În cazul că apare o punere la pămînt, această putere devine

$$Q'=2\,U_lI_c'=2\,U_l\cdot\frac{U_l}{\frac{1}{\omega C}}=2\,\omega CU_l^2=2\,\omega C\cdot(\sqrt{3}\,U_f)^2=2\cdot3\,\omega CU_f^2$$

Rezultă $Q'=2\,Q$.

Astfel, la o punere la pămînt se produce o schimbare rapidă a puterii reactive debitată de generatoare.

În rețelele cu valori mari ale curenților capacitivi de punere la pămînt, aceasta duce la oscilația tensiunii în rețea (neținînd seama de acțiunea regulatoarelor automate de tensiune).

Puterea reactivă consumată de bobina de stingere (necesară a fi debitată de generatoare), în cazul apariției în rețea a unei puneri la pămînt, are pentru cazul unei compensări totale valoarea:

$$Q_L=U_f\cdot I_p$$

Rezultă că la o compensare totală, puterea reactivă rămîne aceeași ca și înainte de apariția punerii la pămînt, adică punerea la pămînt nu are nici o influență asupra regimului de funcționare al generatoarelor sau al consumatorilor.

În literatura de specialitate se menționează că ultimele studii pentru rețele de medie tensiune pledează pentru trecerea rețelelor aeriene și în cablu, cu curenții capacitivi peste 10 A, la tratarea prin bobină.

Posibilitatea compensării curenţilor capacitivi de punere la pămînt este determinată de o proprietate intrinsecă a reţelei şi anume aceea că pentru o configuraţie dată, curentul de punere la pămînt este acelaşi indiferent de locul punerii la pămînt.

În concluzie, tratarea neutrului prin bobina de stingere rezolvă următoarele implicaţii ale unei puneri la pămînt:

a) Reducerea parţială sau totală a curentului de punere la pămînt prin locul defect.

Datorită faptului că, în timp, capacitatea reţelei faţă de pămînt este variabilă din cauza manevrelor ce conduc la modificarea lungimii reţelei, un acord perfect al bobinei de stingere cu capacitatea reţelei este greu de realizat.

b) Stingerea în multe cazuri a arcului în locul punerii la pămînt şi implicit evitarea acelor supratensiuni care ar apărea în cazul unui arc intermitent.

c) Micşorează influenţa negativă pe care o are, asupra generatoarelor şi consumatorilor din reţea, schimbarea rapidă a puterii reactive debitate de generatoare.

Se menţionează faptul că bobina de stingere este acordată să compenseze numai armonica fundamentală a curentului de punere la pămînt şi faptul că tensiunea fazelor sănătoase faţă de pămînt rămîne aceeaşi ca şi în cazul reţelelor cu neutrul izolat.

3. ALEGEREA PARAMETRILOR ŞI LOCULUI DE INSTALARE A BOBINEI DE STINGERE

Alegerea puterii şi locului de montare trebuie să ţină seama de configuraţia reţelei şi de posibilităţile de împărţire pe sectoare datorită diverselor manevre.

Puterea bobinei de stingere se alege ţinînd seama de valoarea curentului capacitiv al întregului sector de reţea, pentru care se face compensarea, luînd în considerare şi dezvoltarea reţelei:

$$Q_B = U_f \cdot I_C$$

Se are în vedere, de asemenea ca, curenţii de compensare ai ploturilor să permită realizarea unei compensări pe cît posibil totale.

Bobinele de stingere trebuie instalate în special în punctele nodale ale reţelei.

La alegerea numărului şi puterii bobinelor se va ţine seama şi de posibilitatea secţionării reţelei în punctul respectiv, în regim normal sau în urma unei avarii, în sectoare nelegate galvanic între ele, astfel încît în fiecare din acestea să se execute compensarea curentului capacitiv total de punere la pămînt.

În caz că neutrul reţelei nu este accesibil, (reţelele alimentate de la transformatoare sau generatoare cu conexiune Δ) bobina de stingere se va conecta prin intermediul unor transformatoare sau bobine auxiliare de creare a neutrului.

În general, se recomandă ca în rețelele de distribuție la tensiunea generatoarelor, bobina de stingere să se monteze în neutrul generatoarelor.

La alegerea acestei soluții trebuie să se țină seama de faptul că, compensarea trebuie să funcționeze continuu, independent de posibilitățile de sectorizare.

De regulă, stațiile de racord adînc de 110/6 kV din combinatele chimice sînt locul cel mai potrivit de instalare a bobinelor de stingere, îndeplinind toate condițiile menționate.

BIBLIOGRAFIE

[1] RÜDENBERG, R. — *Fenomene tranzitorii în sistemele electroenergetice (traducere din limba engleză)*. Editura Tehnică, 1959.

[2] DIMO, P., ș.a. — *Tratarea neutrului rețelelor de înaltă tensiune pentru evitarea supratensiunilor prelungite*. Editura Academiei, Bcuurești, 1960.

VI. TIPURI DE PROTECȚII PRIN RELEE UTILIZATE ÎNTR-UN COMBINAT CHIMIC

ING. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

1. NUMĂRUL DE FAZE PE CARE SE PREVĂD PROTECȚII DE CURENT

În rețeaua de 6 kV care nu are neutrul legat direct la pămînt, protecțiile împotriva scurtcircuitelor se prevăd, de regulă, pe două faze (aceleași în toată rețeaua de 6 kV). În circuitele importante, (de exemplu fiderii stațiilor de distribuție de 6 kV, 250 MVA — Fig. 1), protecția se prevede pe toate trei fazele, pentru a asigura lichidarea rapidă a scurtcircuitelor bifazate prin dublă punere la pămînt, dintre care numai una se află în circuitul respectiv. În această situație, dacă protecția ar fi prevăzută pe două faze (aceleași în toată rețeaua de 6 kV) și faza pusă la pămînt este cea fără protecție, lichidarea scurtcircuitului se realizează prin protecția celuilalt circuit cu punere la pămînt pe altă fază (deci cu protecție), ceea ce poate să nu satisfacă exigențele primului circuit (de exemplu, datorită temporizării mari). Dacă toate circuitele din rețeaua de 6 kV au protecții rapide, protecțiile pot fi prevăzute numai pe două faze.

Există și un aspect defavorabil în cazul scurtcircuitului bifazat prin dublă punere la pămînt, avînd o fază la pămînt într-un circuit și cealaltă fază la pămînt în alt circuit. Dacă protecțiile funcționează și au aceeași temporizare, ele determină deconectarea ambelor circuite, deși este suficientă deconectarea unui singur circuit, sistemul de 6 kV respectiv continuînd funcționarea cu o fază pusă la pămînt. Utilizarea protecțiilor rapide pe toate circuitele face ca timpii de lucru ai protecțiilor să fie egali; în schimb, montarea protecțiilor de curent pe două faze mărește probabilitatea ca protecția unui circuit să nu funcționeze (în două treimi din cazuri).

În rețeaua de 0,4 kV, protecția împotriva scurtcircuitelor se prevede pe toate fazele.

2. SECȚIONAREA DE CURENT

Secționarea de curent este foarte utilă pe circuitele cu reactanță mare ale motoarelor de 6 kV și ale transformatoarelor de 6/0,4 kV. Secționarea de curent trebuie desensibilizată față de:

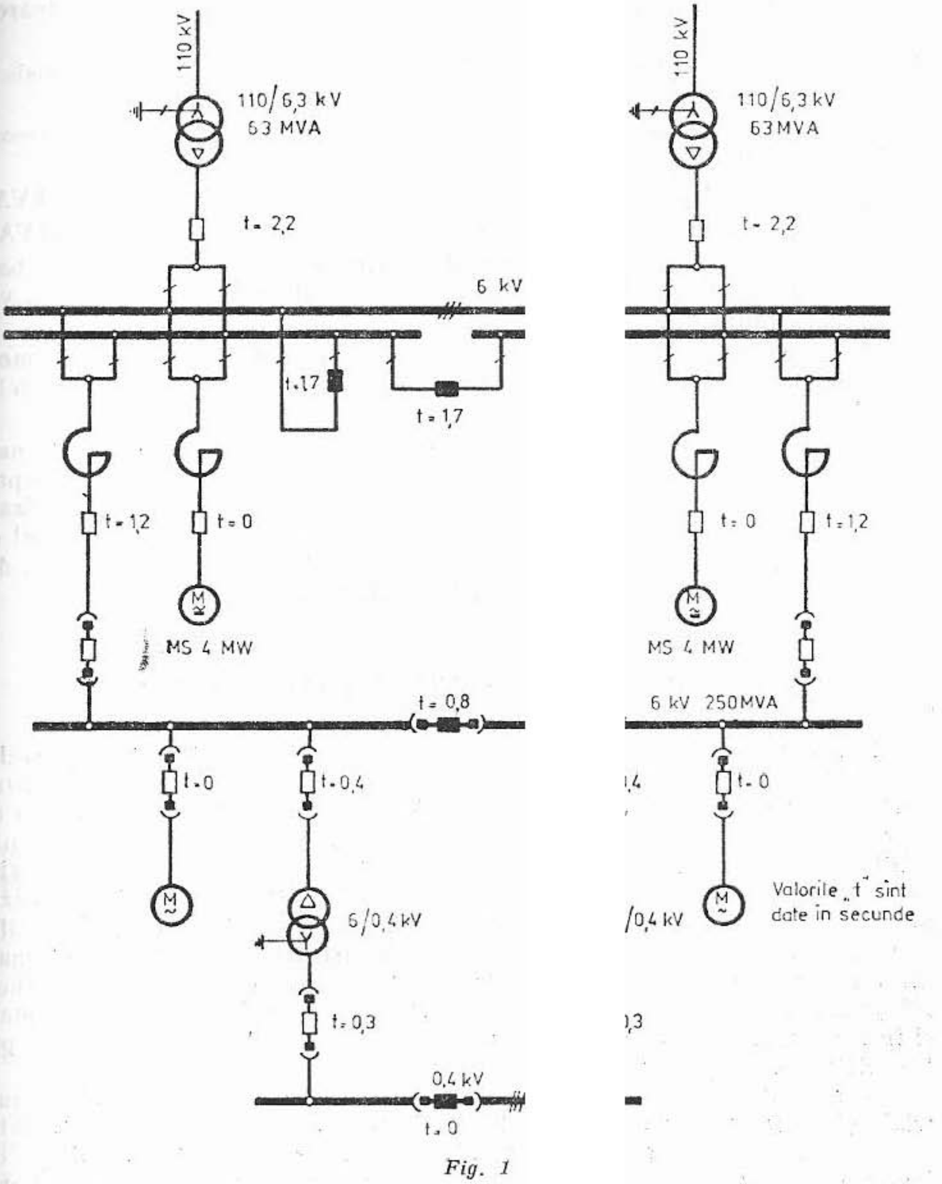


Fig. 1

— curentul de pornire la motoare asi (curentul de scurtcircuit debitat de motorul asincron la scurtcircuit pe te mai mic decît curentul de pornire);

— curentul maxim de scurtcircuit debit urtcircuit pe bare, pentru motoarele sincrone (curentul de pornire în a este mai mic);

— curentul de scurtcircuit la bornele de 0,4 kV pentru transformatoarele de 6/0,4 kV.

Curentul de pornire al secționării de curent produce o cădere de tensiune pe bare, astfel:

— apropiată de cea produsă de curenții de pornire ai motoarelor asincrone și sincrone (0,05—0,1) U_n;

— (0,1—0,2) U_n pentru transformatoare de 6/0,4 kV (S_n=100—1600 kVA).

Puterea de scurtcircuit pe barele de 6 kV este de obicei 200—250 MVA.

Prin urmare, scurtcircuitele care determină scăderi ale tensiunii pe bare mai mari de 0,2 U_n, deci care deranjează mai mult celelalte receptoare, vor fi lichidate rapid (fără temporizare).

Zona de acționare este de 80—95% din elementul protejat, ceea ce demonstrează o dată în plus utilitatea secționării de curent în circuitele motoarelor de 6 kV și ale transformatoarelor de 6/0,4 kV.

Scurtcircuitele din elementul protejat, care nu intră în zona de acționare a secționării de curent, vor fi lichidate cu temporizare de protecția la suprasarcină a motoarelor electrice și de protecția maximală de curent temporizată a transformatoarelor de 6/0,4 kV. Lichidarea cu temporizare a unor astfel de scurtcircuite, practic nu deranjează celelalte receptoare racordate la bare, datorită tensiunilor remanente pe bare $U_{rem} \geqslant 0,8U_n$.

3. PROTECȚIA DIFERENȚIALĂ LONGITUDINALĂ

Spre deosebire de circuitele motoarelor electrice și ale transformatoarelor de 6/0,4 kV, circuitele liniilor de 6 kV (fideri de alimentare a stațiilor de distribuție de 6 kV; Fig. 1) au impedanțe mici, deoarece sînt realizate în cablu și au lungimi mici (100—600 m). Singura protecție rapidă (deci și selectivă) aplicabilă acestor circuite este protecția diferențială longitudinală (sau o altă protecție comparativă rapidă). Această protecție este foarte utilă în cazul alimentării bilaterale a liniei de 6 kV, deoarece selectivitatea protecțiilor maximale de curent temporizate nu poate fi asigurată cu relee direcționale din cauza tensiunilor remanente reduse pe bare. Pentru a menține la bornele înfășurărilor de tensiune ale releelor direcționale o tensiune suficient de mare și în fază cu tensiunea de pe bare, pe durata funcționării protecției, s-ar putea utiliza două procedee:

— montarea unor circuite oscilante (L, C), acordate pe frecvența industrială și conectate în paralel cu bobinele de tensiune ale releelor direcționale;

— alimentarea bobinelor de tensiune ale releelor direcționale de la un invertor trifazat cu sincronizare automată în raport cu tensiunea de pe bare; este necesar un invertor pentru fiecare secție de bare (Fig. 2).

Cele două procedee indicate nu sînt deocamdată puse la punct pentru a putea fi utilizate. În plus, utilizarea protecției diferențiale longitudinale constituie o rezolvare satisfăcătoare în marea majoritate a cazurilor, deoarece prin lichidarea rapidă a scurtcircuitelor nu mai este solicitată selectivitatea obținută prin temporizare a protecțiilor maximale de curent.

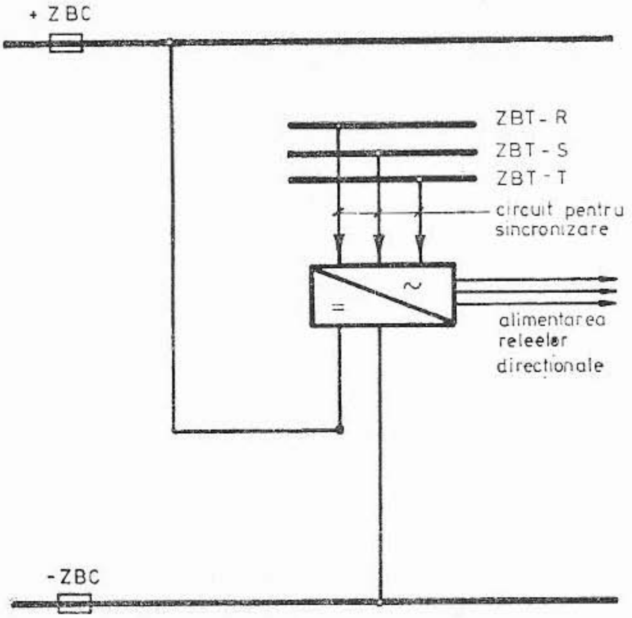


Fig. 2

4. PROTECȚIA ÎMPOTRIVA PUNERILOR MONOFAZATE LA PĂMÎNT

Funcțiile acesteia sînt:

— semnalizarea apariției punerii monofazate la pămînt în rețeaua galvanic interconectată, prin măsurarea componentei homopolare a tensiunii pe bare;

— indicarea circuitului cu punere la pămînt și semnalizarea acestuia sau, după caz, deconectarea automată a circuitului respectiv (prin măsurarea curentului de secvență homopolară și a sensului acestuia).

Determinarea circuitului cu punere la pămînt este importantă, deoarece:

— rețeaua de 6 kV, galvanic interconectată, este întinsă avînd numeroase circuite: motoare, transformatoare de 6/0,4 kV, generatoare, cabluri și altele;

— funcționarea rețelei respective cu punere la pămînt nu este permisă mai mult de două ore, timp în care personalul de exploatare trebuie să determine circuitul defect, să ia toate măsurile pentru deconectarea acestuia (inclusiv în instalațiile tehnologice) și să îl deconecteze;

— pentru unele circuite de 6 kV, funcționarea cu punere monofazată la pămînt este periculoasă, acestea trebuind să fie deconectate imediat: circuitele motoarelor ce funcționează în medii cu pericol de explozie, unde arcul electric la locul defectului poate amorsa o explozie, circuitele motoarelor electrice de putere mare (>2000 kW) care antrenează utilaje importante, de obicei fără rezervă (care ar fi prea costisitoare) și la care distrugerile provo-

cate de arcul electric necesită un timp îndelungat de oprire a procesului de producție în vederea reparației.

Determinarea circuitului cu punere la pămînt în regim compensat (cu neutrul tratat prin bobină de stingere) este mai dificilă și se bazează pe măsurarea armonicilor superioare de curent. Aparatele necesare în regim compensat sînt:

— indicator pentru semnalizarea punerilor la pămînt, ISP, care se manevrează de personalul de exploatare în timpul funcționării cu punere monofazată la pămînt;

— releu direcțional pentru procese tranzitorii, RDT.

Ambele aparate se fabrică la ICEMENERG.

Protecția împotriva punerilor la pămînt monofazate realizată cu RDT este necesară circuitelor care trebuie deconectate imediat după apariția punerii la pămînt. De asemenea, este utilă prevederea releelor RDT pe fiderii stațiilor de distribuție de 6 kV, la ambele capete. Dacă releele RDT de la cele două capete indică sensul curentului de secvență homopolară spre fider, defectul se află pe fider. Dacă cele două relee RDT arată același sens pentru curentul de secvență homopolară, defectul nu este pe fider, ci în porțiunea de rețea indicată de sensul comun al curentului de secvență homopolară la capetele fiderului.

Pentru celelalte circuite se folosește ISP (un aparat la 18 circuite).

În cazul punerilor la pămînt monofazate în motoare sau generatoare electrice, apropiate de neutrul înfășurărilor acestora, tensiunea de secvență homopolară ia valori mici. Reglajul protecției de tensiune homopolară nu poate fi coborît sub 15% U_n, datorită armonicilor de ordinul 3 care formează un sistem homopolar de tensiuni. Desensibilizarea releelor de protecție față de armonica de ordinul 3 permite coborîrea reglajului la 5% U_n. Un astfel de releu este releul tip ITG-14, fabricat de „Compagnie Continentale d'Equipements Electriques" (C.E.E.) — Franța [5].

5. PROTECȚIA DE TENSIUNE MINIMĂ A MOTOARELOR

Protecția de tensiune minimă servește la:

— deconectarea motoarelor asincrone la lipsă prelungită de tensiune pe bare, pentru a împiedica repornirea necontrolată a motoarelor la revenirea tensiunii;

— deconectarea motoarelor sincrone de îndată ce acestea au pierdut posibilitatea de menținere în sincronism la revenirea tensiunii pe bare [1];

— sesizarea prezenței tensiunii pe bare ($U > 0{,}65\ U_n$) și a lipsei tensiunii pe bare ($U \leq 0{,}65\ U_n$ și $U \leq 0{,}4\ U_n$) pentru instalația de AAR [1], [6];

— deconectarea unor motoare pentru a ușura autopornirea celorlalte.

Protecția de tensiune minimă a motoarelor asincrone este reglată la 0,65 U_n, avînd în vedere că cuplul motor devine egal cu cuplul nominal (deci cu cuplul rezistent), în jurul valorii 0,7 U_n. Temporizarea acestei protecții este destul de mare (4—10 s), mai ales cînd tensiunea pe bare se menține la valori scăzute un timp mai îndelungat în regimul de autopornire ce urmează

golului de tensiune. Trebuie ţinut seama şi de faptul că tensiunea de revenire, U_{rev}, a releelor de tensiune minimă este sensibil mai mare decît tensiunea de pornire U_p (coeficientul $K_{rev} = \frac{U_{rev}}{U_p} = 1,15 - 1,2$ pentru relee electromagnetice).

Protecţia de tensiune minimă pentru deconectarea motoarelor sincrone trebuie să acţioneze cît mai în concordanţă cu posibilitatea motoarelor sincrone de a se menţine în sincronism la revenirea tensiunii pe bare [1].

6. PROTECŢIA ÎMPOTRIVA SUPRASARCINILOR

În general, căile de curent pînă la barele la care se racordează receptoarele se dimensionează suficient de larg, pentru a evita suprasarcinile de durată mai mare decît cele determinate de pornirea sau autopornirea motoarelor electrice; de aceea, protecţia elementelor care alcătuiesc căile de curent împotriva suprasarcinilor nu este necesară. Supraîncărcarea de durată a unora dintre elementele căii de curent de alimentare poate apărea în cazurile în care coeficientul de cerere în regim normal este relativ mic (0,3—0,7). În acest caz, căile de curent se dimensionează după puterea cerută în regim normal, astfel că în situaţii excepţionale, cînd coeficientul de cerere devine 0,9—1, pot apărea suprasarcini. În întreprinderile industriale cu proces tehnologic continuu, factorul de cerere în regim normal este mare (0,8—0,95), se menţine aproape constant în timp şi creşterea lui poate fi foarte mică.

Prin urmare, apariţia suprasarcinilor nu este posibilă. În plus, căile de curent ale celor două sisteme electrice independente [1] funcţionează, în regim normal, încărcate la aproximativ jumătate din sarcina maximă de durată [1], [2], (Fig. 1).

În concluzie, protecţia împotriva suprasarcinilor este necesară numai pentru motoarele electrice şi se realizează cu relee termice. Totuşi, întreruptoarele automate (de exemplu, cele de tip OROMAX) care se montează în circuitele înfăşurărilor de 0,4 kV ale transformatoarelor de 6/0,4 kV sînt prevăzute şi cu relee termice; cu acestea se poate realiza o bună protecţie la suprasarcini a transformatorului respectiv.

7. PROTECŢIA MAXIMALĂ DE CURENT DE SECVENŢĂ INVERSĂ

Această protecţie este utilă pentru maşinile rotative, motoare şi generatoare electrice de 6 kV. Efectul principal al curenţilor de secvenţă inversă care interesează, este încălzirea maşinii [3].

Protecţia maximală de curent de secvenţă inversă se utilizează pe fiecare circuit de motor sau generator. Filtrele de curent de secvenţă inversă se introduc şi în relee complexe de protecţie a motoarelor. Acesta este cazul

releului tip ITM-41, fabricat de firma C.E.E. — Franța [5], care conține cîte un filtru pentru componentele de secvență directă, inversă și homopolară, cu cîte un releu maximal, precum și un element termic (termorezistență), care acționează un releu de ieșire prin intermediul unui amplificator tranzistorizat (trigger Schmidt).

Dezechilibrul curenților dintr-un circuit (considerat de la bare) poate apărea datorită:

— unui defect în circuitul respectiv (întreruperea unei faze, scurtcircuit bifazic);

— unui defect similar în amonte de bară, deci pe partea sursei de alimentare.

Scurtcircuitele asimetrice sînt lichidate rapid de protecțiile de curent. Defectele de lungă durată, care determină apariția componentei de secvență inversă a curenților (și a tensiunilor), sînt întreruperile unei faze.

În lipsa protecției maximale de curent de secvență inversă, întreruperea unei faze în circuitul unui motor (deci funcționarea în două faze), conduce la supraîncărcarea celorlalte două faze și declanșarea prin protecția termică (împotriva suprasarcinilor). La funcționarea în două faze a unui motor, chiar de putere nominală mare, componenta de secvență inversă a tensiunii pe barele de alimentare sau pe alte bare este foarte mică și curenții de secvență inversă produși în celelalte circuite sînt nepericuloși. În schimb, la o întrerupere a unei faze în amonte (de exemplu, refuz de anclanșare a unei faze de întreruptor la tensiunile 110, 220 kV), tensiunea inversă pe barele de 6 și 0,4 kV, la care sînt racordate motoare electrice, atinge de regulă valori periculoase, determinînd în circuitele motoarelor curenți de secvență inversă periculoși. Limita admisibilă a valorii curenților de secvență inversă de durată este de aproximativ 5% din curentul nominal [3]. În această situație, de cele mai multe ori protecția motoarelor prin relee termice nu comandă declanșarea acestora, și de aceea este utilă o protecție maximală de tensiune de secvență inversă, temporizată, pe fiecare secție de bare (în lipsa protecției maximale de curent de secvență inversă pe fiecare circuit în parte).

Menținerea pe durată lungă a unei tensiuni periculoase de secvență inversă pe bare necesită deconectarea alimentării normale și conectarea sursei de rezervă, dacă, pe aceasta, tensiunea de secvență inversă nu depășește valoarea periculoasă. Prin urmare, depășirea valorii periculoase a tensiunii de secvență inversă pe bare poate deveni o condiție necesară și suficientă pentru funcționarea AAR (în scopul asigurării condițiilor normale de alimentare).

Dacă valoarea periculoasă a tensiunii de secvență inversă se menține peste o anumită durată, este necesară deconectarea motoarelor. În acest scop, trebuie prevăzută o protecție maximală de tensiune de secvență inversă temporizată.

O atenție deosebită trebuie acordată motoarelor care funcționează în medii cu pericol de explozie, pentru care există limite stricte de temperatură a înfășurărilor și a circuitului magnetic, impuse de temperatura de autoaprindere a amestecului exploziv gaze-aer.

8. PROTECȚIA MAXIMALĂ DE CURENT TEMPORIZATĂ

Această protecție îndeplinește următoarele funcții:

— protecție de rezervă a elementului protejat, pentru cazul refuzului de funcționare a protecției de bază;

— protecția de bază pentru porțiunea din elementul protejat în care nu funcționează protecția de bază;

— protecție (și întreruptor) de rezervă la refuz de declanșare a întreruptoarelor elementelor vecine, la defecte pe aceste elemente.

Pentru protecția maximală de curent temporizată este deosebit de importantă reducerea temporizării. Deoarece temporizările protecțiilor maximale cresc de la receptoare spre sursă, reducerea temporizărilor se poate obține pe următoarele căi:

— utilizarea releelor de curent cu caracteristică de timp dependentă;

— reducerea treptei de timp de selectivitate;

— reducerea numărului de trepte de timp de selectivitate prin proiectarea corespunzătoare a schemei de distribuție.

Treapta de timp de selectivitate se referă la temporizarea releului de timp al protecției.

În prezent, treapta de timp de selectivitate cea mai utilizată pentru schemele de protecție cu relee electromagnetice este $\Delta t = 0{,}5 \div 0{,}6$ s.

În schema din Fig. 1, considerînd timpul de lichidare a defectelor pe circuitele de 0,4 kV de 0,2 s și $\Delta t = 0{,}5$ s, se ajunge la întreruptorul de 6 kV al transformatorului de 110/6,3 kV la o temporizare $t = 2{,}7$ s. Durata maximă admisă a scurtcircuitului la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,3 kV este, în general, de 3 s și, deci, temporizarea protecției de rezervă (care acționează la scurtcircuite pe elemente vecine — barele de 6 kV) nu trebuie să depășească 3 s. Acest lucru este realizat pentru schema din Fig. 1, deoarece această schemă are numărul minim de trepte de timp de selectivitate care se întîlnește uzual. Existența unui generator racordat la o secție de bare a stației de 6 kV, 250 MVA ar fi adăugat o treaptă Δt, deci $t = 3{,}2$ s. Temporizările protecțiilor maximale de curent, în acest caz, sînt: a generatorului cu $\Delta t = 0{,}5$ s mai mare ca a transformatorului de 6/0,4 kV, a cuplei cu $\Delta t = 0{,}5$ s mai mare ca a generatorului (pentru a nu declanșa cupla la un scurtcircuit în generator, lichidat de protecția de rezervă a acestuia), a alimentării cu $\Delta t = 0{,}5$ s mai mare decît a cuplei.

Existența unei stații de distribuție de 6 kV, 250 MVA, alimentată în cascadă de la altă stație de 6 kV, 250 MVA ar fi adăugat două trepte Δt (o cuplă și o alimentare), deci $t = 3{,}7$ s. Rezultă că, în ambele cazuri, cu treapta $\Delta t = 0{,}5$ s este depășită durata maximă admisibilă a scurtcircuitului la bornele de 6 kV ale transformatorului de 110/6,3 kV. În astfel de cazuri, singura soluție este reducerea treptei de selectivitate, $\Delta t = 0{,}4$ s, care conduce la o temporizare a protecției maximale pe întreruptorul de 6 kV al transformatorului de 110/6,3 kV de 2,6 s în loc de 3,2 s (schema cu un generator în plus față de schema din Fig. 1), respectiv de 3 s în loc de 3,7 s (schema cu o stație de 6 kV alimentată în cascadă, în plus față de schema din Fig. 1).

În general, este foarte utilă stabilirea treptei de timp de selectivitate, pentru fiecare pereche de întreruptoare, în funcție de aparatajul utilizat în circuitele de protecție respective.

În cele ce urmează, se face o analiză a selectivității în lichidarea scurtcircuitelor de către protecțiile maximale de curent, începînd cu circuitele de 0,4 kV (de la receptor spre sursă).

Majoritatea circuitelor de 0,4 kV sînt protejate la scurtcircuite cu siguranțe fuzibile. Excepții fac doar motoarele cu $P_n > 125$ kW la 0,4 kV, care sînt protejate cu întreruptoare automate, echipate cu declanșatoare magnetotermice (de exemplu, întreruptoare OROMAX). Selectivitatea funcționării la scurtcircuite între siguranțele fuzibile se obține prin departajarea curenților nominali ai fuzibilelor la cel puțin două trepte în scara standardizată. Selectivitatea între siguranțele fuzibile ale circuitelor racordate la bare și întreruptoarele de cuplă și alimentare (ale transformatoarelor de 6/0,4 kV) este asigurată, deoarece:

— curenții reglați ai declanșatoarelor magneto-termice sînt mari (pentru transformatoare 6/0,4 kV, 1000 kVA, $I_{regl} = 8 \div 10$ kA la cuplă și $I_{regl} = 13 \div 15$ kA la alimentare, pentru declanșarea netemporizată);

— arderea fuzibilului și lichidarea scurtcircuitului au loc, de multe ori, în primul sfert de perioadă (deci în mai puțin de 5 ms) apărînd și un efect de limitare a curentului de șoc;

— cablurile din circuitele de 0,4 kV au un puternic efect de reducere a curenților de scurtcircuit, datorită rezistenței electrice a conductoarelor.

Dacă scurtcircuitul nu a fost lichidat prin arderea fuzibilului și nu produce acționarea elementului de protecție la scurtcircuit al declanșatorului magneto-termic, declanșarea întreruptorului o va face elementul termic din declanșatorul magneto-termic.

Asigurarea selectivității declanșării la scurtcircuit între întreruptoarele automate ale motoarelor și ale cuplei sau alimentărilor se datorește:

— curentului reglat al elementului de protecție la scurtcircuit din declanșatorul magneto-termic al întreruptorului motorului, $I_{regl} = 2 \div 3$ kA, care este mult mai mic decît curentul reglat la întreruptoarele de cuplă (8—10 kA) sau de alimentare ($13 \div 15$ kA);

— efectului de reducere a curenților de scurtcircuit pe care îl au cablurile din circuitele de 0,4 kV protejate;

— unor trepte de timp de selectivitate mici ($25 \div 100$ ms), stabilite de fabrica constructoare.

Rezultă că asigurarea selectivității de declanșare la scurtcircuit între cuplă și alimentare, pe de o parte, și întreruptoarele și siguranțele fuzibile ale circuitelor receptoarelor de 0,4 kV, pe de altă parte, se obține nu numai prin temporizare, ci și din diferența mare a curenților de declanșare pe scurtcircuit, conjugată cu efectul de reducere a curenților de scurtcircuit pe care îl au cablurile de alimentare a receptoarelor de 0,4 kV. În schimb, asigurarea selectivității de declanșare pe scurtcircuit între cuplă și alimentare (care au valori apropiate pentru curenții de declanșare netemporizată) face necesară temporizarea declanșării alimentării (Fig. 3). Treapta de selectivitate Δt_1

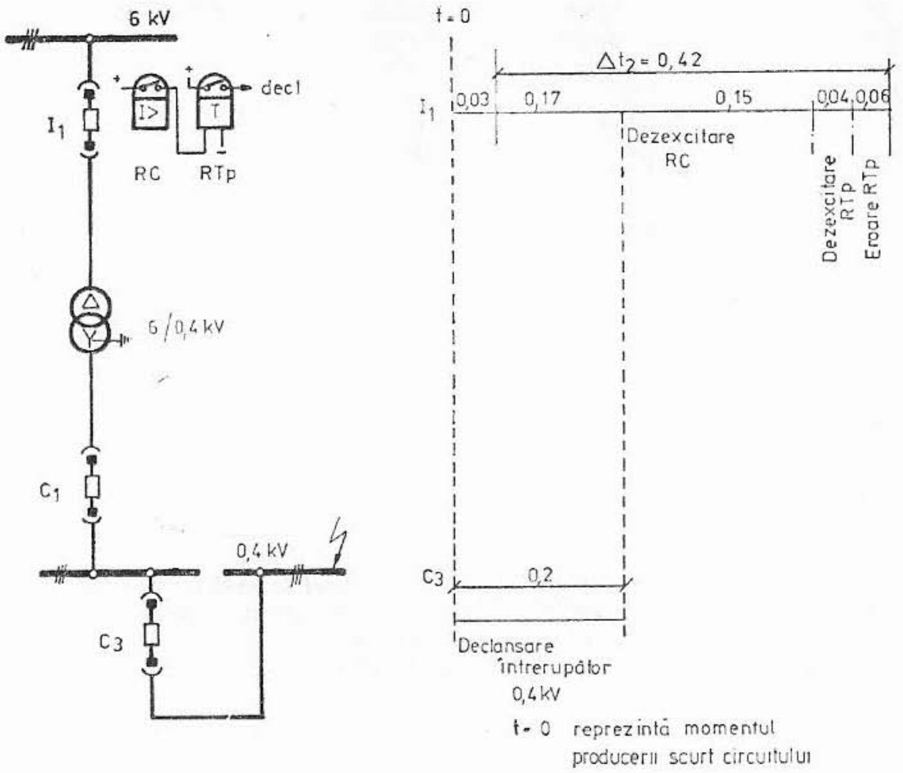


Fig. 3

trebuie să acopere timpul de declanşare a cuplei. Rezultă, acoperitor, $\Delta t_1 = 0{,}3$ s (dacă fabrica constructoare nu indică un timp mai mic). În acest fel, se asigură şi o selectivitate mai bună la declanşarea la scurtcircuite în raport cu întreruptoarele plecărilor de 0,4 kV, cînd cupla este deschisă (funcţionare normală).

Temporizarea protecţiei maximale a întreruptorului de 6 kV al transformatorului de 6/0,4 kV trebuie aleasă pentru a asigura selectivitatea de declanşare la scurtcircuit în raport cu întreruptoarele elementelor vecine: cupla pe barele de 0,4 kV şi întreruptoarele automate ale plecărilor de 0,4 kV (Fig. 3). Nu trebuie asigurată selectivitatea în raport cu întreruptorul de 0,4 kV al transformatorului de 6/0,4 kV, deoarece după declanşarea acestuia menţinerea sub tensiune a transformatorului de 6/0,4 kV nu prezintă nici un avantaj. În general, întreruptoarele de la capetele unui fider de alimentare trebuie să aibă aceeaşi temporizare pentru protecţia maximală de curent, pentru a nu mări cu o treaptă de selectivitate temporizările protecţiilor maximale de curent montate la întreruptoarele din amonte. Calculul treptei de timp de selectivitate la declanşarea la scurtcircuit între întreruptorul de 6 kV al transformatorului de 6/0,4 kV şi întreruptorul de cuplă de 0,4 kV este arătat în Fig. 3.

Releele de curent considerate sînt electromagnetice. Timpul de excitare a releului RC a fost considerat minim, iar cel de dezexcitare maxim (situaţia cea mai defavorabilă). Timpii de acţionare sînt consideraţi pentru relee şi întreruptoare de fabricaţie internă: întreruptoare IO-10 (15) pentru 6 kV, ORO-MAX pentru 0,4 kV, relee de curent tip RC-2, relee intermediare RI-10, relee de timp RTpa-5. Timpii de acţionare sînt daţi în Tabelul 1 [6].

TABELUL 1

Denumirea aparatului	Timp de anclanşare maxim, s	Timp de declanşare maxim, s
Întreruptor IO-10 (15)	0,14	0,07
Releu intermediar RI-3	0,04	0,04
Releu intermediar RI-10	0,03	0,02
Releu de timp RTpa-5	Eroare la acţionare 0,06–0,12*	0,04
Releu de curent RC-2	1,2 Iregl.: 0,15	0,15
	2 Iregl.: 0,03	0,03

* Eroarea maximă a temporizării este:

— 0,06 s pentru gama de temporizare 0,1 ÷ 1,3 s

— 0,12 s pentru gama de temporizare 0,25 ÷ 3,5 s

Treapta de timp de selectivitate poate fi luată $\Delta t_2=0,4$ s.

Declanşarea neselectivă a întreruptorului I 1 faţă de cupla C 3 este foarte puţin probabilă, deoarece:

— funcţionarea cu cupla închisă, deci pe sursa de rezervă, durează o perioadă relativ scurtă pe an;

— declanşarea cuplei C 3 are loc numai la scurtcircuit pe bara de 0,4 kV (defect foarte puţin probabil);

— siguranţele fuzibile şi întreruptoarele automate ale plecărilor de 0,4 kV lichidează rapid (0,015 ÷ 0,05 s pentru întreruptoare şi 0,005 ÷ 0,01 s pentru siguranţe fuzibile) scurtcircuitele care determină excitarea releului RC (în plus, timpul de excitare al acestuia creşte la 0,1 ÷ 0,15 s).

De exemplu, luînd pentru timpul de excitare al releului RC valoarea de 0,1 s, pentru declanşarea întreruptorului de 0,4 kV valoarea 0,12 s, rezultă $\Delta t_2=0,29$ s.

În staţiile de 6/0,4 kV cu 3 sau mai multe transformatoare de 6/0,4 kV nu există cuple de 0,4 kV, selectivitatea fiind, deci, asigurată bine cu $\Delta t_2=0,4$ s [1], [2]. Se poate lua chiar $\Delta t_2=0,3$ s.

Din analiza de mai sus, rezultă influenţa nefavorabilă pe care o au:

Timpul mare de dezexcitare (0,15 s) al releelor de curent electromagnetice

Cu cît curentul ce parcurge bobina releului are o valoare mai apropiată de valoarea de reglaj, cu atît creşte timpul de comutare (atît la închiderea cît

şi la deschiderea contactului). Acest dezavantaj se adaugă la acela al coeficientului de revenire scăzut: 0,83 ÷ 0,85. Releele de curent tranzistorizate (de exemplu, de tip ITG ale firmei „Compagnie Continentale d'Equipements Electriques" — Franţa [5]) au coeficientul de revenire 0,97—0,98 şi timpul de comutare constant şi egal cu 0,04 ÷ 0,06 s, ceea ce permite reducerea treptei de timp de selectivitate cu 0,1 s. În plus, temporizarea este realizată electronic (şi cu eroare relativ mică), ceea ce permite reducerea treptei Δt cu timpul de dezexcitare a releului de timp RTp (operaţia echivalentă se realizează electronic, într-un timp neglijabil).

Timpul mare de declanşare a întreruptorului de 0,4 kV care s-a luat în considerare

Sînt necesare întreruptoare cu performanţe ridicate şi bine întreţinute în exploatare.

Eroarea mare de reglaj şi de funcţionare a releului de tip RTp

Este necesară utilizarea releelor de timp cu eroare mică la valoarea reglată.

În ceea ce priveşte valoarea curentului de pornire a protecţiei maximale temporizate a întreruptorului de 6 kV al transformatorului de 6/0,4 kV, aceasta trebuie să depăşească curentul maxim de autopornire a sarcinii de 0,4 kV după un gol de tensiune: de obicei (5 ÷ 6) I_n (I_n este curentul nominal al transformatorului). Acest reglaj face ca protecţia să nu sesizeze scurtcircuite în circuitele de 0,4 kV care produc curenţi de 1 ÷ 8 kA (la 0,4 kV) şi care nu sînt lichidate de protecţia circuitului respectiv (siguranţe sau întreruptoare automate). Acestea vor fi lichidate de întreruptoarele de cuplă sau alimentare declanşate le elementele termice ale declanşatoarelor magneto-termice (deşi cu temporizare relativ mare). Acesta este unul din avantajele montării întreruptoarelor automate (în loc de separatoare) pe circuitele-surse ale barelor de 0,4 kV. Elementele de protecţie la scurtcircuit ale declanşatoarelor magneto-termice se reglează la o valoare superioară curentului maxim de autopornire după goluri de tensiune a sarcinii conectate.

Pentru celelalte circuite de 6 kV din Fig. 1, protecţia maximală de curent temporizată este realizată, la fel, cu relee de curent şi releu de timp. Calculul treptei de selectivitate este dat în Fig. 4.

Echipamentul considerat este de fabricaţie internă: întreruptoare IO-15 (10) la 6 kV, relee de curent RC-2, releu de timp RTpa-5, releu intermediar RI-10

Timpii de excitare a releelor RC 1 şi RC 2 sînt apropiaţi, ambii cresc sau descresc simultan în funcţie de valoarea curentului de scurtcircuit; totuşi, timpul de excitare a releului RC 2 este totdeauna mai mare decît al releului RC 1, deoarece curentul de pornire al lui RC 2 este mai mare decît cel al lui RC 1, ceea ce este favorabil reducerii treptei de timp de selectivitate.

Pentru timpul de dezexcitare a releului RC 2 s-a considerat valoarea maximă.

Se recomandă $\Delta t_3=0{,}4$ s cu relee RTpa-5, cu gama de temporizare 0,1 ÷ 1,3 s şi $\Delta t_3=0{,}5$ s cu relee RTpa-5, cu gama de temporizare 0,25 ÷ 3,5 s.

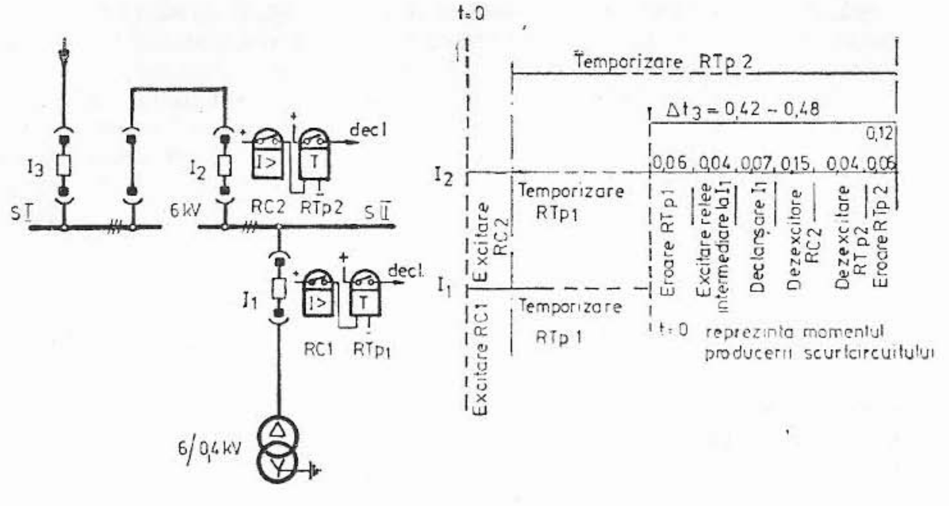


Fig. 1

Sînt valabile considerentele menționate privitoare la: releele maximale de curent electromagnetice, performanțele întreruptoarelor și ale releelor de timp, utilizarea releelor tranzistorizate de curent (care permit scăderea treptei de timp de selectivitate la 0,3 s).

Din cele de mai sus rezultă că, pentru schemele de protecție prezentate în articolul de față, treapta de timp de selectivitate poate fi $\Delta t = 0{,}4 \div 0{,}5$ s. Elementele care comandă declanșarea acționînd succesiv (în lanț), sînt: releu de curent, releu de timp, releu intermediar, bobină de declanșare a întreruptorului. Creșterea numărului de elemente din acest lanț atrage după sine creșterea lui Δt cu timpul de lucru al elementelor suplimentare. Este indicată folosirea schemelor cu puține elemente în lanțul comenzii de declanșare. De asemenea, utilizarea unor relee și întreruptoare cu timpi de comutare diferiți de cei luați în calculul treptei de timp de selectivitate, Δt, conduce la modificarea acestei valori. Este necesar calculul lui Δt pentru fiecare tip de echipament utilizat. Utilizarea releelor de curent cu caracteristică de timp dependentă conduce la o scădere importantă a duratei de lichidare a scurtcircuitelor și în special a celor cu curenți mai mari care determină o scădere mai pronunțată a tensiunii pe bare, deci deranjează mai mult receptoarele conectate la acestea. Diferența timpilor de acționare a protecțiilor maximale temporizate ale elementelor vecine, la aceeași valoare a curentului de scurtcircuit, oricare ar fi ea, trebuie să fie cel puțin Δt.

În Fig. 1, sînt indicate temporizările protecțiilor maximale de curent (cu caracteristică de timp independentă).

Scurtcircuitele apropiate de surse au efecte negative importante:

— numărul și puterea totală a receptoarelor din aval deranjate este mai mare (de exemplu, la un scurtcircuit pe fiderul stației de 6 kV, 250 MVA

sînt deranjate receptoarele de 6 kV conectate la secția de bare de 6 kV respectivă și receptoarele de 0,4 kV conectate la secțiile de bare de 0,4 kV alimentate de la această secție de bare de 6 kV);

— numărul și puterea totală a receptoarelor alimentate de la secția de bare din amonte de scurtcircuit și deranjate de acesta, poate fi mare, în funcție de tensiunea remanentă pe bare (același exemplu ca în cazul anterior);

— la cele de mai sus se adaugă temporizarea mare a protecției maximale de curent, care sporește perturbația și consecințele ei; de aceea, se impune ca elementele de schemă (fiderii stațiilor de distribuție de 6 kV) apropiate de sursă (transformatoarele de 110/6,3 kV) să aibă o protecție de bază rapidă și care să acopere întregul element protejat; după cum s-a arătat, aceasta este protecția diferențială longitudinală sau o altă protecție comparativă.

Este totuși de menționat că instalațiile de AAR asigură, în timp mai scurt decît protecția maximală de curent temporizată (cu temporizare $0,4 \div 0,6$ s), realimentarea secțiilor de bare afectate de scăderea de tensiune, cu excepția secției de bare de la care se alimentează scurtcircuitul, deoarece funcționează blocajul AAR la scurtcircuite pe bare sau în aval [1], [2].

Protecția fiderilor de 6 kV este prevăzută în general numai pe întreruptorul din amonte (de plecare), iar acesta declanșează, prin contact auxiliar, și întreruptorul din aval (de sosire) [1], [2].

Protecția barelor este asigurată de protecția de rezervă a fiderilor sau a cuplei (deci cu temporizare mare la barele de 6 kV și mică la cele de 0,4 kV). În schema din Fig. 1 (și acesta este cazul majorității întreprinderilor industriale, chiar și al celor recent construite), singurele elemente de schemă fără o protecție de bază rapidă sînt barele de 6 kV (pentru barele de 0,4 kV temporizarea de 0,3 s a alimentării este suficient de mică).

În ceea ce privește valoarea curentului de pornire a protecțiilor maximale temporizate ale cuplelor și fiderilor de stații de 6 kV, este de remarcat un raport ridicat față de curentul de sarcină maximă, $I_{regl}=(5 \div 6)\ I_{sarc\,max}$ pentru ca protecția să nu funcționeze în regim de autopornire a sarcinii (motoare asincrone) după un gol de tensiune. Aceasta face ca protecția maximală temporizată a cuplelor și fiderilor de 6 kV să protejeze o parte destul de redusă din elementul vecin în aval (transformator de 6/0,4 kV, motor de 6 kV), astfel că la un refuz de declanșare a întreruptorului circuitului defect, scurtcircuitul nu va fi lichidat prin protecția prin relee, putînd să dureze mult și mărind astfel distrugerile la locul defectului.

Prelungirea zonei de acționare a protecției maximale temporizate se poate obține cu un releu termic de tipul celor folosite la motoare (deoarece sarcina se comportă ca un motor, în regim de autopornire). Caracteristica de timp a releului este dependentă de curent, iar releul va putea fi reglat la valoarea curentului de sarcină maximă, fără să lucreze în regim de autopornire. Situația este similară cu a întreruptoarelor de 0,4 kV care au declanșatoare magneto-termice.

Este de menționat că treapta de timp de selectivitate $\Delta t=0,4$ s a fost aplicată în unele unități ale M.I.Ch. — de exemplu, la C.I.C. Slobozia — utilizînd relee de fabricație indigenă, iar treapta $\Delta t=0,3$ s a fost aplicată în unități ale M.I.Ch. în care s-au utilizat relee maximale de curent tranzistori-

zate (tip ITG, fabricate de „Compagnie Continentale d'Equipements Electriques"), de exemplu la C.I.C. Craiova și C.I.C. Turnu Măgurele.

CONCLUZII

Evitarea regimurilor anormale de funcționare ale sistemului intern de alimentare cu energie electrică al unei întreprinderi industriale este posibilă numai prin utilizarea echipamentelor cu fiabilitate ridicată, ceea ce implică dificultăți tehnice și dezavantaje economice.

Pentru procesul tehnologic, însă, este esențială funcționarea normală a receptoarelor tehnologice (în general, motoare electrice), iar dacă se iau măsurile necesare, procesul tehnologic poate depăși cu succes perturbațiile produse de goluri de tensiune de durată redusă [1]. Această premisă conduce la unele schimbări în concepția protecției prin relee și a automaticii de sistem [4]. Pe lîngă lichidarea regimurilor anormale, acestea au și rolul deosebit de important de a reasigura alimentarea cu energie electrică a receptoarelor tehnologice în cadrul unei perioade de timp scurte. Acest rol al protecției prin relee determină utilizarea unor tipuri de protecții calitativ superioare (ca selectivitate, rapiditate, sensibilitate, siguranță în funcționare), precum și unele particularități în utilizarea lor, în special în privința funcțiilor îndeplinite, care au fost expuse în referat.

BIBLIOGRAFIE

[1] COVAR, E. — *Mărirea siguranței în funcționare a rețelelor electrice interioare, la combinate chimice cu proces tehnologic continuu.* Revista Energetica, nr. 6, 1972.

[2] COVAR, E. — *Mărirea siguranței de funcționare a rețelelor electrice interioare la combinate chimice cu proces tehnologic continuu.* Referat prezentat la al II-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor electrice", 14—16 septembrie, 1973.

[3] CĂLIN, S. și MARCU, S. — *Protecția prin relee a sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1969.

[4] * * * — *Normativ pentru proiectarea instalațiilor de protecție prin relee și automatizare.* MEE-ODE, București, 1971.

[5] * * * — Compagnie Continentale d'Equipements Electriques (C.E.E.). *Relais à éléments de mesure statiques, système „English Electric".* Catalog de produse, 1969.

[6] * * * — *I. I. S. Electromagnetica. Catalog de relee,* 1972.

VII. PROTECȚIE COMPARATIVĂ RAPIDĂ ÎMPOTRIVA SCURTCIRCUITELOR DIN REȚELE ELECTRICE

ING. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

Prezentul referat se referă la o protecție împotriva scurtcircuitelor din rețele electrice, cu temporizare mică, care se poate utiliza ca protecție de bază pentru linii, transformatoare, autotransformatoare, motoare asincrone.

Ca protecție comparativă rapidă este cunoscută protecția diferențială longitudinală care funcționează în raport cu diferența fazorilor curenților pe fiecare fază de la capetele elementului de rețea protejat. Această protecție prezintă în general dezavantajul utilizării unui cablu de legătură între secundarele transformatoarelor de curent de la capetele elementului de rețea protejat a cărui întrerupere determină funcționarea greșită a protecției sau lasă deschis circuitul secundarului unui transformator de curent ceea ce conduce la distrugerea acestuia și necesită deconectarea elementului de rețea.

De asemenea, este cunoscută protecția secțională care compară sensurile curenților de la capetele elementului de rețea protejat utilizînd relee direcționale. Deoarece releele direcționale necesită o tensiune remanentă pe bare pentru a putea funcționa, protecția secțională prezintă dezavantajul de a nu funcționa la scurtcircuite apropiate de capetele elementului de rețea protejat și de a nu fi posibilă aplicarea ei la linii de cabluri, mai ales dacă acestea au lungimi relativ mici.

Atît protecția diferențială longitudinală cît și protecția secțională mai prezintă dezavantajul utilizării unor relee complicate și scumpe.

Protecția comparativă prezentată înlătură dezavantajele arătate mai sus prin aceea că în scopul stabilirii, în mod automat, a faptului că scurtcircuitul se află în elementul de rețea protejat utilizează:

— la capătul dinspre sursa mai puternică a elementului de rețea protejat, o protecție maximală de curent care sesizează apariția scurtcircuitului și comandă declanșarea întreruptoarelor;

— la capătul dinspre sursa de putere mai mică sau dinspre consumator, în distribuția radială, o protecție maximală de curent desensibilizată față de curentul de scurtcircuit avînd sensul de la bare spre elementul de rețea protejat, care blochează declanșarea întreruptoarelor dacă scurtcircuitul este exterior elementului protejat;

— o legătură de comandă — blocare prin cablul de comandă între capetele elementului protejat;

— relee de timp a căror temporizare acoperă timpul de lucru al releelor de curent.

Se dau mai jos patru exemple de realizare a protecţiei comparative rapide propuse.

EXEMPLUL 1

LINIE ALIMENTATĂ LA AMBELE CAPETE DE LA SURSE DE PUTERI DIFERITE, ÎNTR-O REŢEA CU NEUTRUL IZOLAT

Protecţia comparativă rapidă cuprinde, după cum se vede în Fig. 1 releele maximale de curent 1 RCr, 1 RCt care constituie o protecţie maximală de curent denumită în continuare „de acţionare" şi al cărei curent de reglaj I_a va fi denumit în continuare „curent de acţionare al protecţiei comparative rapide"; releele maximale de curent 2 RCr, 2 RCt, care constituie o protecţie maximală de curent denumită în continuare „de blocaj", şi al cărei curent de reglaj I_b va fi denumit în continuare „curent de blocaj al protecţiei comparative"; releele de timp cu temporizare la acţionare 1 RTp, 2 RTp; un releu intermediar RI; baretele de comandă ±1 ZBC, ±2 ZBC. Protecţia comparativă rapidă este aplicată unei linii LC realizată în cablu şi racor-

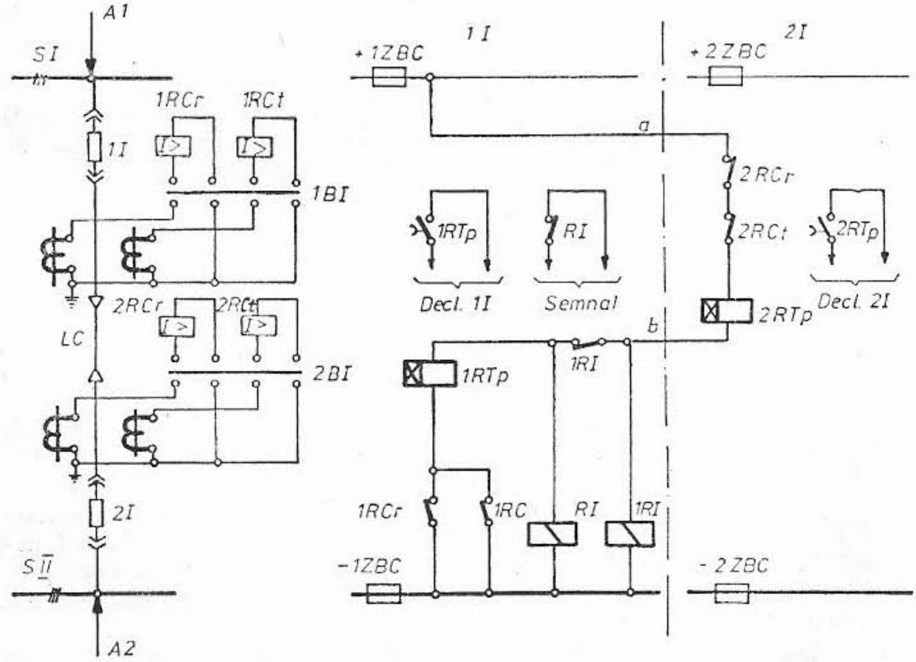


Fig. 1

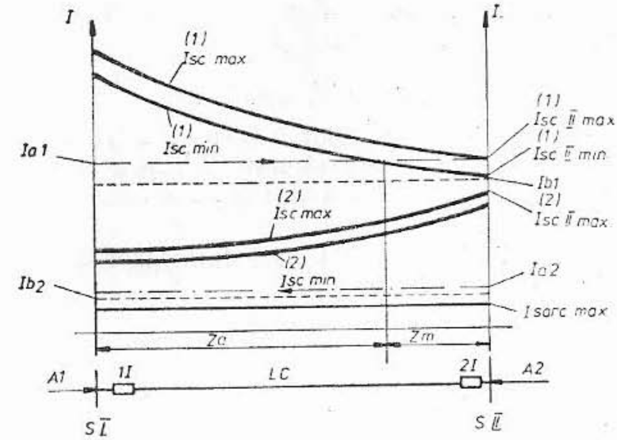


Fig. 2

dată printr-un întreruptor debroșabil 1 I la un sistem de bare S_I avînd o sursă A_1 și printr-un întreruptor debroșabil 2 I la un sistem de bare S_{II} avînd o sursă A_2. Diagrama curenților de scurtcircuit și de reglaj ai protecției este dată în Fig. 2.

În cazul unui scurtcircuit pe linia protejată LC lucrează releele 1 RCr, 1 RCt deoarece curentul de scurtcircuit debitat de sursa A_1 depășește curentul lor de reglaj și își închid contactele normal deschise din circuitul bobinei releului 1 RTp, iar releele 2 RCr, 2 RCt nu lucrează deoarece curentul lor de reglaj depășește curentul maxim de scurtcircuit pe barele S_{II} debitat de sursa A_2, în regim maxim al acestei surse. În continuare, se excită releele 1 RTp și 2 RTp care comandă cu temporizare mică declanșarea întreruptoarelor 1 I, respectiv 2 I. În cazul unui scurtcircuit exterior liniei protejate LC, pe partea sursei A_1 sau a sursei A_2, releele 1 RCr, 1 RCt fie că nu lucrează, fie că, dacă lucrează, lucrează și releele 2 RCr, 2 RCt care mențin deschis circuitul bobinelor releelor 1 RTp, 2 RTp blocînd astfel comanda de declanșare dată de releele 1 RCr, 1 RCt. Pentru a asigura această funcționare la scurtcircuite exterioare liniei protejate, curentul de reglaj al releelor 2 RCr, 2 RCt este puțin mai mic decît curentul de reglaj al releelor 1 RCr, 1 RCt, iar temporizarea releelor 1 RTp, 2 Rtp întîrzie comanda de declanșare pînă la deschiderea contactelor 2 RCr, 2 RCt, acoperind timpul de lucru al releelor de curent. Îndeplinirea acestor două condiții asigură selectivitatea absolută la scurtcircuite exterioare elementului protejat pentru protecția comparativă propusă.

Releul intermediar RI controlează integritatea circuitului de comandă și semnalizează întreruperea lui prin închiderea contactului său normal închis, iar releul 1 RI sesizează scurtcircuitul între firele a, b ale cablului de comandă (bobina 2 RTp este șuntată). Tensiunea nominală a bobinei 1 RI este mai mare decît aceea a bobinei RI și releul 1 RI nu se excită prin înserierea bobinei sale cu bobina 2 RTp.

Se impun următoarele relații:

$$I_a = K_{sig1} \cdot I_b \qquad (1)$$

în care K_{sig1} este un coeficient supraunitar care acoperă dublul erorii pe care o au releele de curent la valoarea reglată și

$$t_{RTp} \geq t_{RC} + t_{revRTp} + \varepsilon_{RTp} \tag{2}$$

în care t_{RTp} este temporizarea releelor 1 RTp și 2 RTp, t_{RC} este timpul propriu de lucru al releelor 2 RCr și 2 RCt, t_{revRTp} și ε_{RTp} sînt timpul de revenire și eroarea maximă la valoarea reglată a releelor de timp 1 RTp, 2 RTp.

Condiția de desensibilizare a protecției de blocare față de curentul de scurtcircuit debitat de sursa A_2 se scrie:

$$I_b = K_{sig2} \cdot I^{(2)}_{scII\,max} \tag{3}$$

în care K_{sig2} este un coeficient supraunitar care acoperă eroarea releelor de curent la valoarea reglată, iar, după cum se vede în Fig. 2, I_a și I_b au primit indicele 1 deoarece funcționarea protecției se bazează pe existența sursei mai puternice A_1; $I^{(2)}_{scII\,max}$ reprezintă curentul de scurtcircuit (indicele *sc*) pe barele S_{II} (indicele II) debitat de sursa A_2 (indicele superior (2)) în regim maxim (indicele *max*). Celelalte notații se interpretează după indici, în modul prezentat mai sus.

Din relațiile (1) și (3) rezultă curentul de reglaj I_{a1} al protecției de acționare:

$$I_{a1} = K_{sig1} \cdot K_{sig2} \cdot I^{(2)}_{scII\,max} \tag{4}$$

Protecția comparativă acoperă în întregime elementul protejat dacă:

$$I^{(1)}_{scII\,min} > I_{a1} = K_{sig1} \cdot K_{sig2} \cdot I^{(2)}_{scII\,max}$$

În caz contrar, așa cum se arată în Fig. 2, protecția prezintă o zonă moartă, notată cu Z_m în care nu lucrează protecția de acționare și o zonă de acționare notată cu Z_a. Pentru astfel de cazuri este, în general, mai avantajos să se realizeze reglajele:

$$I_{a1} = \frac{I^{(1)}_{scII\,min}}{K_{sig2}}\ ;\ I_{b1} = \frac{I_{a1}}{K_{sig1}} \tag{5}$$

care asigură ca protecția de acționare să lucreze la scurtcircuite în orice punct al elementului protejat, iar zona moartă a protecției comparative pentru care $I^{(2)}_{sc} \geq I_{b1}$ este variabilă după curentul de scurtcircuit $I^{(2)}_{sc}$ debitat de sursa A_2. Pentru a asigura funcționarea corectă a schemei de protecție este necesar să se ia în considerare erorile releelor de timp 1 RTp, 2 RTp. Astfel, dacă contactul 1 RTp se închide înaintea contactului 2 RTp, întreruptorul 1 I declanșează, releele 1 RCr, 1 RCt își revin și releul 2 RTp se dezexcită înainte de a comanda declanșarea întreruptorului 2 I.

Pentru a evita acest lucru este suficient ca temporizările releelor 1 RTp, 2 RTp să fie reglate la valori egale și să fie satisfăcută relația:

$$2\,\varepsilon_{RTp} < t_{RI} + t_{di} + t_{revRC} \tag{6}$$

în care:

t_{RI} este timpul de anclanșare a unui releu intermediar (dacă comanda dată de contactul 1 RTp este transmisă la bobina de declanșare a întreruptorului 1 I printr-un releu intermediar);

t_{di} — timpul de declanșare a întreruptorului 1 I;

t_{revRC} — timpul de revenire a releelor 1 RCr, 1 RCt pînă la deschiderea contactelor lor;

ε_{RTp} — eroarea releelor de timp 1 RTp, 2 RTp.

A fost considerat cazul cel mai defavorabil în care erorile releelor 1 RTp, 2 RTp sînt egale și de semn contrar: releul 1 RTp își închide contactul mai devreme, iar releul 2 RTp își închide contactul mai tîrziu.

Dacă relația (6) nu poate fi îndeplinită, releul 1 RTp se poate regla la o temporizare mai mare decît a releului 2 RTp, diferența fiind $2 \cdot \varepsilon_{RTp} - (t_{RI} + t_{di} + t_{revRC})$ deoarece protecția comparativă își continuă acțiunea pînă la declanșarea întreruptorului 1 I și dezexcitarea releelor 1 RCr, 1 RCt, chiar dacă întreruptorul 2 I a declanșat.

Protecția comparativă avînd schema din Fig. 1 este aplicabilă elementelor de rețea pentru care sursa A_2 funcționează totdeauna în paralel cu sursa A_1 (alimentarea radială a elementului protejat de la sursa A_2 nu constituie o situație posibilă de exploatare) și $I^{(1)}_{scII\,min} > I^{(2)}_{scII\,max}$.

Protecția funcționează corect și pe timpul alimentării radiale de la sursa A_1.

EXEMPLUL 2

TRANSFORMATOR CU DOUĂ ÎNFĂȘURĂRI ALIMENTATE LA AMBELE CAPETE DE LA SURSE DE PUTERI APROPIATE, ÎNTR-O REȚEA CU NEUTRUL IZOLAT

În Fig. 3 este arătată realizarea unei duble protecții comparative utilizînd în comun releele de timp 1 RTp, 2 RTp și aplicată unui transformator T astfel:

— o protecție comparativă a cărei funcționare depinde de sursa A_1 are protecția de acționare la întreruptorul 1 I — releele 1 RCr, 1 RCt și protecția de blocare la întreruptorul 2 I — releele 2 RCr, 2 RCt;

— cealaltă protecție comparativă a cărei funcționare depinde de sursa A_2 are protecția de acționare la întreruptorul 2 I — releele 4 RCr, 4 RCt și protecția de blocare la întreruptorul 1 I — releele 3 RCr, 3 RCt.

Releele intermediare RI, 1 RI realizează controlul circuitelor de comandă semnalizînd întreruperea acestora prin închiderea contactelor lor normal închise.

Protecția comparativă dublă, avînd schema din Fig. 3 este aplicabilă și elementelor din rețea la care $I^{(1)}_{sc\,II\,min} > I^{(2)}_{sc\,II\,max}$ și alimentarea radială de la sursa A_2 constituie situație de exploatare. În acest caz, curenții de reglaj I_{a_1} al releelor 1 RCr, 1 RCt și I_{b_1} al releelor 2 RCr, 2 RCt se stabilesc ca la

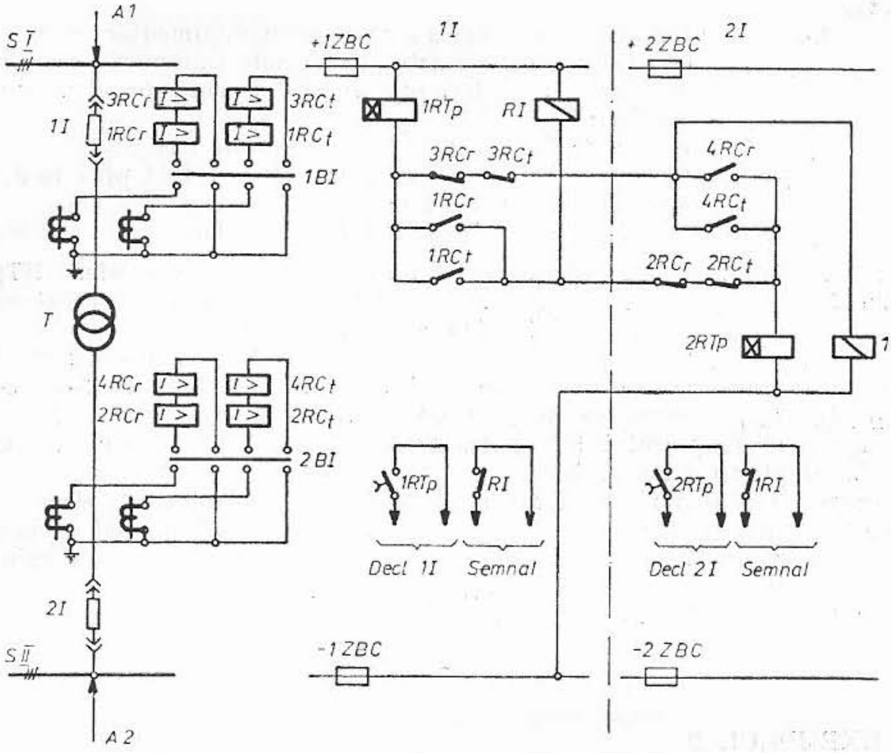


Fig. 3

exemplul 1, iar protecţia comparativă dependentă de sursa A_2 asigură deconectarea elementului protejat numai în situaţia alimentării radiale de la sursa A_2. De aceea, curenţii de reglaj I_{a2} ai releelor 4 RCr, 4 RCt şi I_{b2} ai releelor 3 RCr, 3 RCt se calculează în funcţie de curentul de sarcină maximă $I_{sarc\,max}$ (Fig. 2) astfel:

$$I_{b2}=\frac{K_{sig2}\cdot I_{sarc\,max}}{K_{rev}}\ ;\ I_{a2}=K_{sig1}\cdot I_{b2} \tag{7}$$

în care K_{rev} este coeficientul de revenire al releelor de curent 3 RCr, 3 RCt. Prin îndeplinirea condiţiilor din relaţia (7), releele 3 RCr, 3 RCt, 4 RCr, 4 RCt nu vor rămîne excitate în regim normal de funcţionare chiar după excitarea lor la un scurtcircuit exterior. Aceasta nu este o condiţie neapărat necesară pentru buna funcţionare a protecţiei în sensul că şi la valori mai mici ale curenţilor de reglaj, cînd cele 4 relee de curent sînt excitate, protecţia nu comandă deconectarea elementului protejat, ci reprezintă o măsură de precauţie pentru cazul în care cele 4 relee de curent ar fi excitate, iar un defect de circuite secundare ar determina dezexcitarea releelor 3 RCr, 3 RCt şi totodată permite controlul circuitelor de comandă prin releele intermediare RI, 1 RI.

După cum se vede în Fig. 2, protecţia dependentă de sursa A_2 este blocată de curentul de scurtcircuit $I_{sc}^{(1)}$ debitat de sursa A_1, dacă aceasta alimentează elementul protejat, deoarece $I_{b2} < I_{sc\,min}^{(1)}$.

La nevoie, curenţii de reglaj I_{a2}, I_{b2} pot fi reduşi faţă de cei din relaţia (7) impunînd condiţia ca numai releele 4 RCr, 4 RCt ale protecţiei de acţionare să nu rămînă excitate în regim normal de funcţionare, ceea ce se exprimă astfel:

$$I_{a2}=\frac{K_{sig2}\cdot I_{sarc\,max}}{K_{rev}}; \qquad I_{b2}=\frac{I_{a2}}{K_{sig1}} \tag{8}$$

În cazurile în care, în urma dezvoltării, puterea sursei A_2 creşte astfel încît $I_{scII\,min}^{(1)}<I_{scII\,max}^{(2)}$, protecţiile comparative avînd schemele din Fig. 1 şi 3 şi reglajele arătate în Fig. 2 pot fi utilizate, dar prezintă zone moarte cu atît mai mari cu cît curentul de scurtcircuit debitat de sursa A_2 este mai mare. În astfel de cazuri, se pot obţine zone moarte mai mici ale protecţiei comparative avînd schema din Fig. 3, utilizînd una din variantele de reglaj arătate în Fig. 4 şi 5.

După cum se vede în Fig. 4:

$$I_{a1}=I_{a2}=I_a;\ I_{b1}=I_{b2}=I_b;\ I_a=K_{sig1}\cdot I_b$$

iar curenţii de reglaj I_a, I_b se aleg astfel încît să încadreze punctul de intersecţie al curbelor de variaţie a curenţilor de scurtcircuit debitaţi de cele două surse. Zona moartă a protecţiei comparative duble este indicată cu litera B în Fig. 4. Zona moartă B este cu atît mai mică cu cît curbele $I_{sc}^{(1)}$ şi $I_{sc}^{(2)}$ au pante mai mari în jurul punctului de intersecţie şi cu cît K_{sig1} este mai mic. Dacă punctul de intersecţie al curbelor $I_{sc}^{(1)}$ şi $I_{sc}^{(2)}$ se deplasează deasupra sau sub fîşia cuprinsă între paralelele I_a şi I_b, zona moartă creşte deoarece se măresc zonele în care ambele protecţii sînt blocate sau nu acţionează. Această variantă de reglaj este aplicabilă elementelor de reţea la care curbele $I_{sc}^{(1)}$, $I_{sc}^{(2)}$ au pante mari în jurul punctului de intersecţie şi variază puţin (punctul de

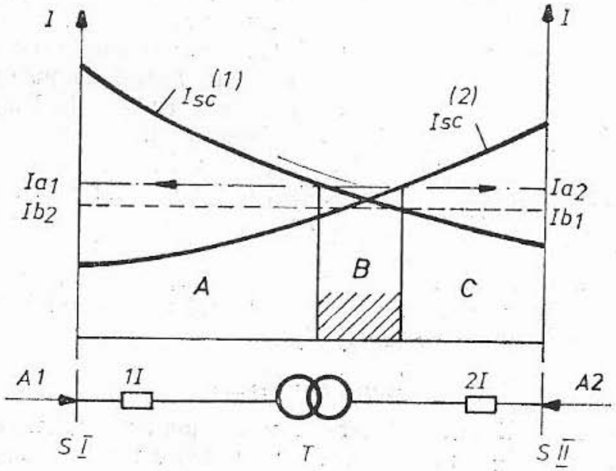


Fig. 4

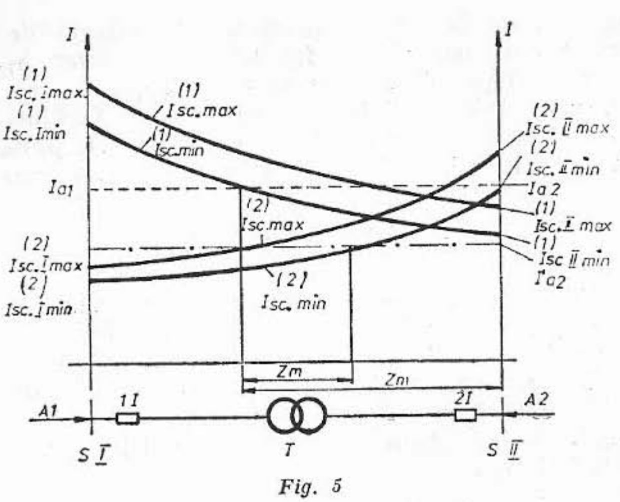


Fig. 5

intersecţie se deplasează puţin). Acesta este în special cazul transformatoarelor şi al autotransformatoarelor.

În varianta din Fig. 5, releelor de curent ale protecţiilor de blocare — 2 RCr, 2 RCt, 3 RCr, 3 RCt — li se scurtcircuitează bobinele, iar protecţiile de acţionare au acelaşi curent de reglaj $I_{a1}=I_{a2}=I_a$ care îndeplineşte simultan condiţiile de desensibilizare faţă de curenţii debitaţi de sursele A_1 şi A_2 la scurtcircuite în afara elementului protejat:

$$I_a \geq K_{sig2} \cdot I^{(1)}_{scIImax}; \quad I_a \geq K_{sig2} \cdot I^{(2)}_{scII\,max} \tag{9}$$

În această situaţie, protecţia comparativă se compune, de fapt, din două secţionări de curent nedirecţionate, dar avînd asigurată selectivitatea absolută la scurtcircuite exterioare elementului protejat, cu transmiterea comenzii de declanşare la ambele întreruptoare. În această variantă, protecţia comparativă este aplicabilă elementelor de reţea la care curbele $I^{(1)}_{sc}$ şi $I^{(2)}_{sc}$ sînt puternic căzătoare, ceea ce corespunde în special transformatoarelor cu tensiune de scurtcircuit mare şi cu putere nominală mică în raport cu puterea surselor. Dacă în regim minim apare o zonă moartă, notată cu Z_m în Fig. 5, şi dacă între curenţii $I^{(1)}_{scII\,max}$ şi $I^{(2)}_{scI\,max}$ există o diferenţă apreciabilă, zona moartă poate fi redusă, aşa cum arată Fig. 5, prin utilizarea unei secţionări de curent direcţionate către elementul protejat, la întreruptorul sursei ce produce cel mai mic dintre curenţii $I^{(1)}_{scII\,max}$ şi $I^{(2)}_{scI\,max}$. Această protecţie nu a mai fost figurată în schemă. Presupunînd, pentru exemplificare, că $I^{(2)}_{scI\,max} < I^{(1)}_{scII\,max}$ ca în Fig. 5, secţionarea de curent direcţionată montată la întreruptorul 2 I, comandă declanşarea întreruptoarelor în paralel cu contactele 4 RCr, 4 RCt şi are curentul de reglaj I'_{a2}.

$$I'_{a2}=K_{sig2} \cdot I^{(2)}_{scI\,max} \tag{10}$$

Datorită releului direcţional care necesită pentru acţionare o tensiune remanentă pe barele S_{II} peste o anumită valoare minimă, secţionarea de curent direcţionată are o zonă moartă în apropierea barelor S_{II}, dar aceasta

este în general acoperită de protecția de acționare — releele 4 RCr, 4 RCt, care lucrează ca secționare de curent nedirecționată. Pentru schema din Fig. 3, avînd reglajele arătate în Fig. 2, eliminarea influenței erorii releelor de timp 1 RTp, 2 RTp se obține procedînd ca la exemplul 1.

Pentru schema din Fig. 3, avînd reglajele din Fig. 4 sau 5, este necesar și suficient să se îndeplinească relația (6). În caz contrar, este posibil, deși puțin probabil, ca protecția să deconecteze numai unul din întreruptoarele 1 I, 2 I. De aceea, la punerea în funcțiune a instalațiilor, se vor face probe de verificare a funcționării protecției comparative și, după caz, se vor aduce corecții ale temporizării releelor 1 RTp, 2 RTp pentru a compensa erorile lor.

Protecția comparativă avînd schema din Fig. 3 și variantele de reglaj din Fig. 4 sau 5, are o zonă moartă mare în situația alimentării radiale de la una din sursele 1 și 2. În această situație, este necesar să se deșunteze bobinele releelor de curent — 2 RCr, 2 RCt, 3 RCr, 3 RCt, ale protecțiilor de blocare și să se realizeze reglajul după una dintre relațiile (5), (7), (8).

Pentru transformatoare și autotransformatoare, curentul de acționare I_a trebuie să depășească curentul de magnetizare I_{mT} al transformatorului sau autotransformatorului:

$$I_a \geqslant K_{sig_2} \cdot I_{mT} \tag{11}$$

Într-o altă variantă, se pot utiliza: o protecție comparativă dublă cu schema din Fig. 3 și reglată după relația (1) și una dintre relațiile (5), (7), (8) care lucrează sigur în cazul alimentării radiale a scurtcircuitului de la oricare dintre sursele A_1, A_2 precum și secționări direcționate sau nedirecționate reglate conform relațiilor (9) și (10), care comandă fără temporizare declanșarea întreruptoarelor la care sînt montate. Prin declanșarea unuia dintre întreruptoarele 1I, 2I, alimentarea scurtcircuitului devine radială și lucrează protecția comparativă.

EXEMPLUL 3

LINIE CU ALIMENTARE RADIALĂ ÎNTR-O REȚEA CU NEUTRUL IZOLAT

Pentru cazul alimentării radiale de la sursa A_1 se poate utiliza protecția comparativă avînd schema din Fig. 1 și reglajul după relațiile (7) și (11).

În cazurile în care protecția de rezervă a elementului de rețea protejat este o protecție maximală de curent temporizată avînd, de regulă, curentul de pornire I_{pp}:

$$I_{pp} = \frac{K_{sig_2} \cdot I_{sarc\ max}}{K_{rev}} = I_b \tag{12}$$

releele de curent ale acesteia pot constitui protecția de acționare a protecției comparative ridicînd puțin reglajul la valoarea:

$$I_a = K_{sig_1} \cdot I_b = K_{sig_1} \cdot I_{pp} \tag{13}$$

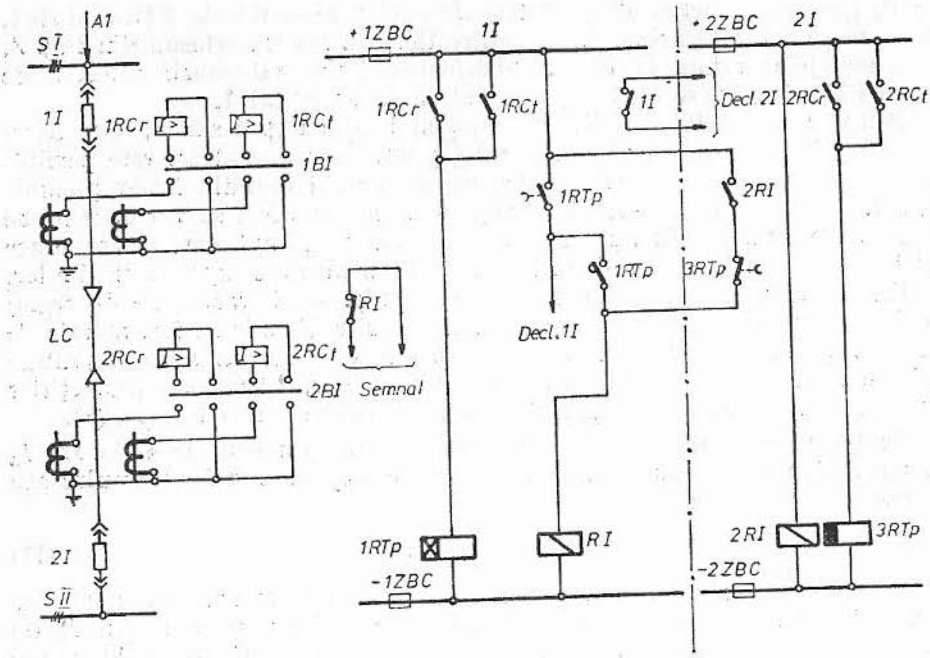


Fig. 6

De asemenea, în cazul în care elementul protejat este o linie LC care alimentează radial o bară S_{II} a unei stații de conexiuni cu instalație de AAR, ca protecție de blocare a protecției comparative se poate utiliza blocajul AAR la scurtcircuite pe bare și în aval, ale cărui relee de curent se reglează după relația (12).

Temporizarea necesară protecției comparative se poate realiza și cu un contact pasager temporizat al releului de timp al protecției de rezervă, care pentru mai multă siguranță, poate fi înseriat cu un contact normal deschis instantaneu al aceluiași releu de timp pentru a nu acționa la revenirea releului de timp după lichidarea scurtcircuitelor pe plecările stației S_{II} (din aval) de către întreruptoarele acestora.

În schema din Fig. 6, releele 1 RCr, 1 RCt aparțin protecției maximale de curent temporizate și se reglează la curentul I_a din relația (13), iar releele de curent 2 RCr, 2 RCt aparțin blocajului AAR la scurtcircuite pe bare și în aval și se reglează la curentul I_b din relația (12), dar totodată este necesar ca I_b să depășească curentul $I_{sc\,m}$ debitat de motoarele asincrone și sincrone ale consumatorului la scurtcircuit pe linia LC, adică:

$$I_b \geqslant K_{sig_2} \cdot I_{sc\,m} \tag{14}$$

La scurtcircuite exterioare, blocarea protecției comparative se realizează printr-un releu de timp 3 RTp cu temporizare la revenire, care își deschide contactul său normal închis.

Pentru a împiedica funcționarea greșită a protecției comparative în cazul lipsei tensiunii de comandă la întreruptorul 2 I se utilizează un releu intermediar 2 RI care își deschide contactul său normal deschis înseriat cu contactul 3 RTp.

Temporizarea protecției comparative se realizează prin contactul pasager al releului de timp 1 RTp, aparținînd protecției maximale de curent temporizată. Controlul circuitului de comandă se realizează cu un releu intermediar RI.

Declanșarea întreruptorului 2 I se realizează printr-un contact normal închis al întreruptorului 1 I printr-un circuit separat deoarece servește și altor scopuri: accelerarea AAR, împiedicarea alimentării cu tensiune a liniei din aval spre amonte etc.

EXEMPLUL 4

LINIE ÎNTR-O REȚEA ÎN BUCLĂ DESCHISĂ ȘI CU NEUTRUL IZOLAT

În rețelele de distribuție în buclă deschisă, alimentarea unei linii LC care face parte din buclă este totdeauna radială, dar sursa poate fi atît la un capăt cît și la celălalt. Pentru astfel de cazuri, se poate utiliza protecția comparativă dublă avînd schema din Fig. 3 și reglajele stabilite cu relațiile (7) și (11) luînd $I_{a1}=I_{a2}$ și $I_{b1}=I_{b2}$.

O variantă de schemă este arătată în Fig. 7. Releele de curent 1 RCr, 1 RCt și releul de timp 3 RTp aparțin protecției maximale de curent temporizate a întreruptorului 1 I și constituie protecția de acționare a protecției comparative dependentă de sursa A_1, prin contactul instantaneu normal deschis al releului 3 RTp. Releele de curent 2 RCr, 2 RCt și releul de timp 4 RTp aparțin protecției maximale de curent temporizate a întreruptorului 2 I și constituie protecția de blocare a protecției comparative, dependentă de sursa A_1 prin contactul instantaneu normal închis al releului 4 RTp, precum și protecția de acționare a protecției comparative dependentă de sursa A_2 prin contactul instantaneu normal deschis al releului 4 RTp. Protecția de blocare a protecției comparative dependentă de sursa A_2 este realizată cu releele de curent 3 RCr și 3 RCt.

Releele de timp 1 RTp, 2 RTp asigură temporizarea necesară protecției comparative, iar releele intermediare RI, 1 RI realizează controlul circuitelor de comandă. Releul intermediar 2 RI blochează funcționarea greșită a protecției comparative la scurtcircuite exterioare dacă lipsește tensiunea de comandă la întreruptorul 2 I.

Reglajul releelor de curent 1 RCr, 1 RCt — I_{a1}, al releelor 2 RCr, 2 RCt— — $I_{b1} = I_{a2}$, al releelor 3 RCr, 3 RCt — I_{b2}, se realizează astfel:

$$I_{b2}=\frac{K_{sig2}\cdot I_{sarc\,max}}{K_{rev}}\ ;\ I_{a2}=I_{b1}=K_{sig1}\cdot I_{b2} \qquad (15)$$

$$I_{a1}=K_{sig1}\cdot I_{b1}$$

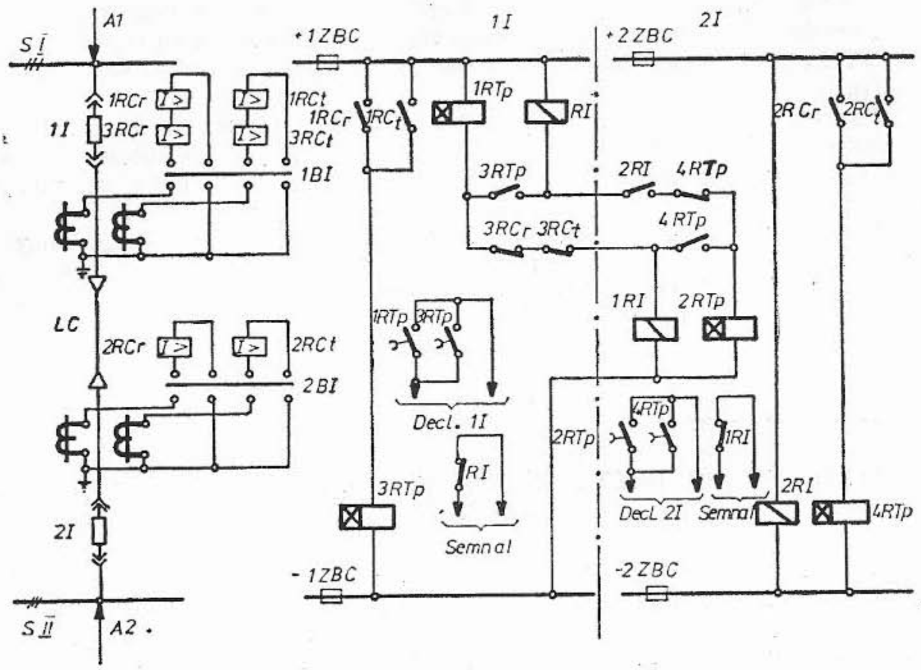

A1
S I
1I
1RCr
3RCr
1RCt
3RCt
1BI
LC
2RCr
2RCt
2BI
2I
S II
A2
+1ZBC
1I
+2ZBC
2I
1RCr
1RCt
1RTp
RI
2RCr
2RCt
3RTp
2RI
4RTp
3RCr 3RCt
4RTp
1RI
2RTp
1RTp 3RTp
Decl. 1I
RI
Semnal
3RTp
-1ZBC
2RTp
4RTp
1RI
Decl. 2I
Semnal
2RI
4RTp
-2ZBC

Fig. 7

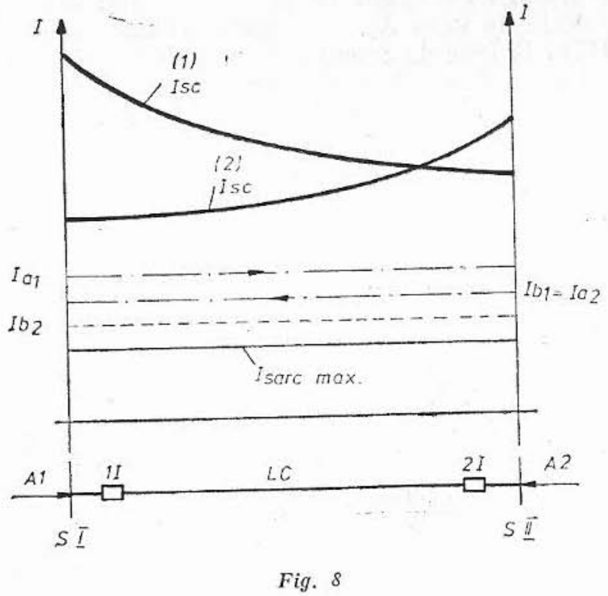

I
I
(1)
Isc
(2)
Isc
Ia1
Ib1= Ia2
Ib2
Isarc max.
A1
1I
LC
2I
A2
S I
S II

Fig. 8

Deoarece I_{a1} şi I_{a2} sînt şi curenţii de pornire ai protecţiilor maximale de curent temporizate, sursa A_I va fi aleasă ca sursa cea mai puternică pentru a asigura sensibilitate maximă acestor protecţii.

Diagrama curenţilor este arătată în Fig. 8.

CONCLUZII

Protecţia comparativă rapidă propusă prezintă următoarele avantaje:

— utilizează relee de construcţie simplă, ieftine şi sigure în funcţionare (releele de curent, de timp, intermediare);

— legătura realizată în cablu de circuite secundare între întreruptoarele de la capetele elementului de reţea protejat este o legătură de comandă, iar întreruperea ei nu determină deconectarea elementului protejat sau distrugerea unor aparate şi, în plus, întreruperea circuitului de comandă este semnalizată automat;

— pentru realizarea schemei de protecţie se pot utiliza contactele unor relee utilizate în alte scopuri (pentru alte protecţii);

— este mai ieftină decît alte protecţii comparative cunoscute, în special la aplicarea ei în reţele de cabluri cu lungimi relativ mici.

Protecţia comparativă propusă nu lucrează greşit în cazul scurtcircuitelor exterioare elementului de reţea protejat (este asigurată selectivitatea absolută faţă de scurtcircuitele exterioare), dacă sînt îndeplinite condiţiile (1) şi (2), atît în cazul alimentării radiale cît şi în cazul alimentării bilaterale a elementului protejat. În schimb, reducerea şi, în special, eliminarea zonelor moarte ale protecţiei comparative se realizează uneori mai dificil. Zonele moarte ale protecţiei comparative sînt:

— zonele de nefuncţionare ale protecţiei de acţionare;

— zonele de funcţionare ale protecţiei de blocare (chiar dacă simultan funcţionează şi protecţia de acţionare).

Eliminarea completă a zonelor moarte se poate realiza:

— totdeauna şi cu uşurinţă în distribuţia radială (exemplul 3);

— totdeauna în distribuţia în buclă deschisă (exemplul 4);

— în cazul alimentării bilaterale de la două surse de puteri mult diferite (exemplul 1); acest caz, se reduce la cazul distribuţiei radiale prin desensibilizarea protecţiei comparative faţă de aportul la scurtcircuit al sursei de putere mai mică.

În cazul alimentării bilaterale de la surse de puteri apropiate, protecţia comparativă, chiar în varianta dublă (exemplul 2), are totdeauna zone moarte (mai mult sau mai puţin întinse) a căror eliminare este dificilă, relativ complicată sau chiar imposibilă.

Rezultă că domeniul de aplicare avantajoasă a protecţiei comparative propuse este distribuţia radială de medie tensiune din întreprinderile industriale şi reţelele urbane.

BIBLIOGRAFIE

[1] CĂLIN, S. și MARCU, S. — *Protecția prin relee a sistemelor electrice*. Editura Tehnică, 1969.

[2] BADEA, C. ș.a. — *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice*. Editura Tehnică, 1973.

[3] COVAR, E. — *Cîteva posibilități de accelerare a protecțiilor prin relee într-o întreprindere industrială*. Revista Energetica nr. 9—10, 1975.

VIII. PROTECȚIE RAPIDĂ A BARELOR COLECTOARE ALE STAȚIILOR ELECTRICE ÎMPOTRIVA SCURTCIRCUITELOR

ING. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

Prezentul referat descrie o protecție rapidă a barelor stațiilor de medie și înaltă tensiune împotriva scurtcircuitelor avînd ca scop deconectarea rapidă a surselor ce alimentează scurtcircuitul și sînt perturbate de acesta.

Ca protecție rapidă este cunoscută protecția diferențială completă a barelor. Aceasta prezintă dezavantajul că necesită, de regulă, la medie tensiune, montarea de transformatoare de curent suplimentare; egalizarea rapoartelor de transformare ale transformatoarelor de curent se realizează cu dificultate și protecția nu lucrează la scurtcircuite pe circuitele de plecare către consumatori, nelichidate de întreruptoarele circuitelor respective.

De asemenea, este cunoscută protecția barelor realizată cu protecții maximale de curent direcționale montate pe toate circuitele racordate la bare. Această protecție prezintă dezavantajul dificultății de a asigura acționarea releelor direcționale la tensiunile remanente pe bare, reduse sau nule, din timpul scurtcircuitului.

Ambele protecții menționate mai prezintă dezavantajul de a fi scumpe.

Protecția rapidă a barelor împotriva scurtcircuitelor, propusă, înlătură aceste dezavantaje prin aceea că, în scopul stabilirii în mod automat a faptului că scurtcircuitul se află pe barele protejate, utilizează: o protecție maximală de curent care, controlînd suma vectorială a curenților din toate circuitele surselor racordare la bare, sensul de referință al curenților fiind cel spre bare, arată că scurtcircuitul este pe bare sau pe plecări și emite comanda de deconectare a surselor; un control automat al demarării protecțiilor plecărilor care blochează comanda de deconectare a surselor dacă protecția unei plecări indică scurtcircuit pe plecare; relee de timp cu temporizare la acționare care întîrzie comanda de deconectare a surselor cu timpul necesar blocării comenzii de deconectare a surselor în cazul în care scurtcircuitul este pe o plecare și va fi lichidat de întreruptorul acesteia.

Se dau mai jos patru exemple de realizare a protecției în legătură cu Fig. 1, 2, 3 și 4 care reprezintă:

— Fig. 1 — schema protecției rapide a barelor aplicată unui sistem simplu de bare, nesecționat, avînd cel puțin două surse racordate;

— Fig. 2 — schema protecției rapide a barelor aplicată unui sistem simplu de bare, secționat, avînd alimentare dublu radială;

— Fig. 3 — schema protecției rapide a barelor aplicată unui sistem dublu de bare, cu cuplă transversală, avînd alimentare dublu radială;

— Fig. 4 — schema protecției rapide a barelor simplificată, aplicată unui sistem simplu de bare secționat, avînd alimentare dublu radială.

EXEMPLUL 1

Protecția rapidă a barelor colectoare propusă, aplicată unui sistem de bare I, la care sînt racordate un generator G, o sursă de alimentare normală SN, o sursă de alimentare de rezervă SR și o plecare P prin întreruptoarele I 1, I 2, I 3, I 4, cuprinde după cum se vede în Fig. 1: o protecție maximală de curent realizată cu relee maximale de curent RCr, RCt care controlează suma vectorială a curenților din toate circuitele surselor SN, SR și G, sensul de referință al curenților fiind cel spre barele I; releele maximale de curent 4 RCr, 4 RCt și un releu de timp 6 RTp cu temporizare la acționare aparținînd protecției maximale de curent temporizată a plecării P; releele de timp RTp, 12 RTp cu temporizare la acționare; releele de timp 7 RTp, 10 RTp, cu temporizare la revenire; o diodă semiconductoare D 4; baretele de comandă +ZBC, —ZBC, o baretă de blocaj ZBB.

Curenții de sarcină din circuitele surselor avînd valori apropiate, realizarea aceluiași raport de transformare la transformatoarele de curent nu prezintă dificultăți.

Funcționarea schemei de protecție se bazează pe următoarele:

a) — La fiecare plecare P, curentul de pornire $I_{pp}^{(p)}$ al protecției controlate, raportat la primar, este mai mare decît curentul I_{scm} debitat de motoarele asincrone și sincrone ale consumatorului alimentat, la scurtcircuit pe barele I protejate sau, altfel spus, protecția controlată este desensibilizată față de curentul de scurtcircuit avînd sensul spre barele I și, prin urmare, demararea acestei protecții indică nu numai apariția scurtcircuitului, ci și faptul că sensul curentului de scurtcircuit este de la barele I spre plecarea P și deci, scurtcircuitul se află pe plecarea P.

$$I_{pp}^{(p)} \geqslant K_{sig} \cdot I_{scm} \tag{1}$$

în care K_{sig} este un coeficient supraunitar care acoperă eroarea pe care o au releele de curent la valoarea reglată. Totodată, curentul $I_{pp}^{(p)}$ trebuie să satisfacă condițiile de sensibilitate impuse de normativele în vigoare față de curentul minim $I_{sc}^{(p)}{}_{min}$ de scurtcircuit pe plecarea P avînd sensul de la barele I spre plecare, pentru a asigura funcționarea protecției:

$$\frac{I_{sc\,min}^{(p)}}{I_{pp}^{(p)}} \geqslant K_{sens} \tag{2}$$

în care K_{sens} este coeficientul de sensibilitate minim.

Existența unei surse la capătul unei plecări, opus barelor I protejate, este acceptabilă dacă curentul maxim $I_{sc\,max\,s2}$ de scurtcircuit pe barele protejate, debitat de acea sursă satisface relația (3) dedusă din relațiile (1), (2).

$$I_{sc}^{(p)}{}_{min} \geqslant K_{sig} \cdot K_{sens} \cdot I_{sc\,max\,s2} \tag{3}$$

În afară de protecția maximală de curent temporizată poate fi controlată oricare altă protecție a plecării respective care, prin demararea ei, arată fără echivoc că scurtcircuitul se află pe plecare. De asemenea, pentru mai multă siguranță în funcționarea protecției, pot fi controlate simultan mai multe protecții ale aceleiași plecări P.

b) — Protecția maximală de curent care controlează suma curenților de scurtcircuit debitați de sursele G, SN, SR va fi denumită în continuare „protecția de acționare a protecției rapide a barelor" și trebuie să îndeplinească condițiile expuse în cele ce urmează. Astfel, protecția de acționare nu trebuie să lucreze la scurtcircuite pe circuitele surselor G, SN, SR — de exemplu în punctul K_1 — la care curenții de scurtcircuit debitați de celelalte surse — SN, SR — parcurg transformatoarele de curent ale protecției de acționare de două ori și în sensuri contrarii spre barele I și de la bare, astfel încît aduc o contribuție nulă la suma vectorială a curenților, și de aceea, curentul ei de pornire $I_{pp}^{(s)}$ trebuie să satisfacă relația (4):

$$I_{pp}^{(s)} \geqslant K_{sig}(I_{dez\,p} + \sum I_{sc\,m}) \quad (4)$$

în care:

— $I_{dez\,p}$ este curentul de dezechilibru al transformatoarelor de curent la curentul maxim de scurtcircuit pe circuitele surselor;

— $I_{sc\,m}$ — suma curenților debitați de motoarele asincrone, sincrone și chiar alte surse, la scurtcircuit pe circuitul unei surse, apropiat de barele I protejate (echivalent de fapt cu scurtcircuitul pe barele I din punctul de vedere al mărimii curenților).

De asemenea, protecția de acționare nu trebuie să lucreze la scurtcircuite pe plecări la care nu sînt sensibile protecțiile plecărilor respective, controlate în cadrul protecției barelor.
Aceasta înseamnă:

$$I_{pp}^{(s)} \geqslant K_{sig} \cdot I_{pp\ max}^{(p)} \quad (5)$$

în care:

— $I_{pp\ max}^{(p)}$ este cel mai mare dintre curenții de pornire ai protecțiilor controlate ale plecărilor.

În cazul în care una dintre plecări alimentează o bară a unei alte stații, este util ca protecția de acționare să nu fie sensibilă la scurtcircuite pe acea bară sau pe circuitele racordate la aceasta, deoarece un astfel de scurtcircuit, deși lichidat corect de întreruptorul circuitului defect, poate să determine funcționarea protecției barelor dacă lipsește tensiunea de comandă sau nu a demarat protecția liniei de legătură între cele două bare, protecția de acționare nemaifiind blocată.

De aceea, este util ca protecția de acționare să fie desensibilizată față de curenții maximi de scurtcircuit $I_{sc\ max\ ev}$ pe elementele vecine plecărilor de la barele I protejate:

$$I_{pp}^{(s)} \geqslant K_{sig} \cdot I_{sc\ max\ ev} \quad (6)$$

În acest fel, protecția rapidă a barelor realizează rezerva prin întreruptor la refuz de declanșare a întreruptoarelor plecărilor din lipsa tensiunii de

comandă sau datorită unor defecte în circuitele de protecție, dar numai la scurtcircuite pe aceste plecări.

Îndeplinirea relației (6) nu este absolut obligatorie, aceasta putînd fi satisfăcută numai pentru o parte din plecări.

Protecția de acționare trebuie să aibă sensibilitate suficientă față de curentul minim de scurtcircuit $I^{(s)}_{sc\,min}$ pe barele protejate:

$$\frac{I^{(s)}_{sc\ min}}{I^{(s)}_{pp}} \geqslant K_{sens} \tag{7}$$

Este necesar ca $I^{(s)}_{pp}$ să satisfacă concomitent relațiile (4), (5), (7) și în măsura posibilului relația (6).

Sensibilitatea protecției de acționare poate fi îmbunătățită utilizînd transformatoare cu saturație rapidă, precum și relee diferențiale cu frînare în locul releelor de curent RCr, RCt.

c) — Se consideră ca improbabilă apariția simultană a două scurtcircuite dintre care unul pe barele I protejate și celălalt pe o plecare P.

d) — Atît protecția de acționare cît și protecțiile controlate ale plecărilor nu demarează decît la apariția unor scurtcircuite. Această condiție este în general satisfăcută, dar nu trebuie pierdută din vedere.

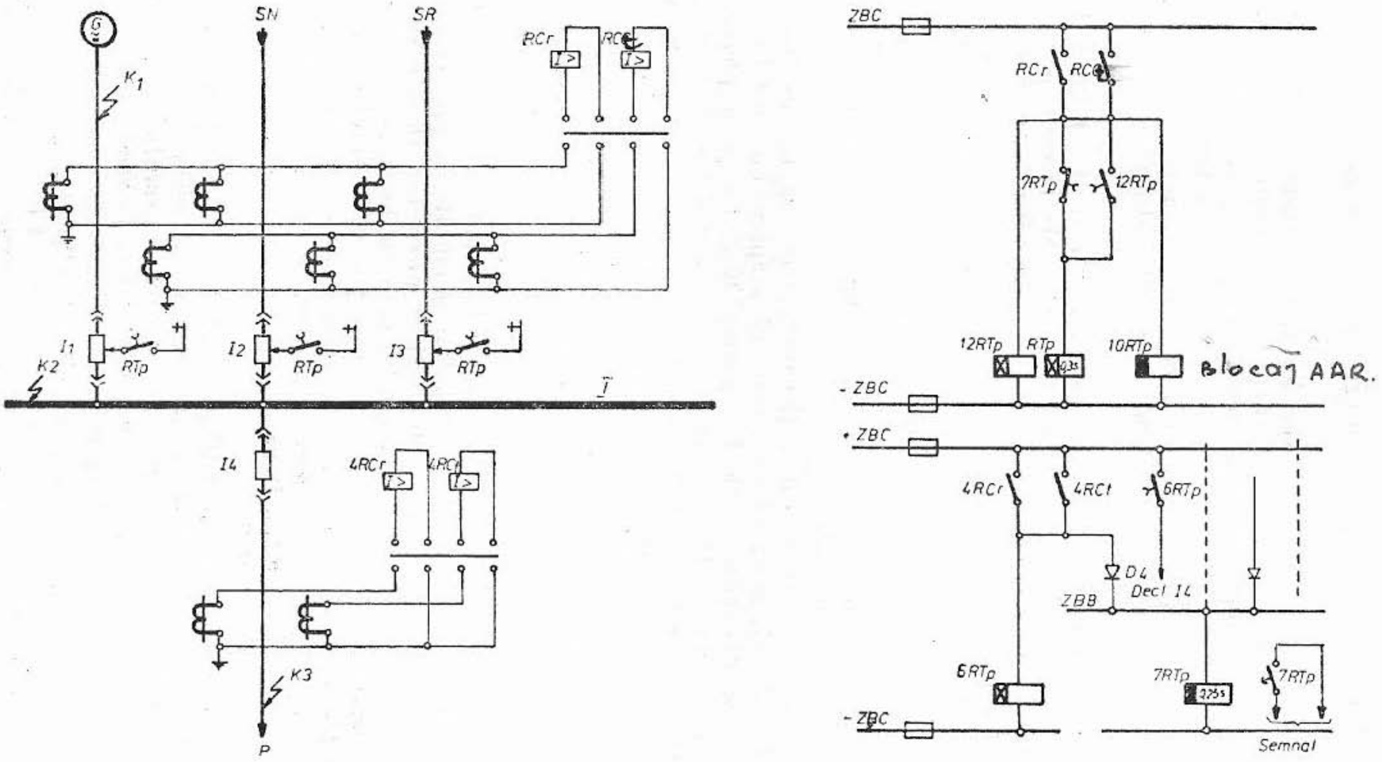
Din cele expuse mai sus rezultă următoarele:

a) — Demararea protecției de acționare — releele RCt, RCr, arată, în principiu, că a apărut un scurtcircuit și că acesta se află pe barele protejate I sau pe o plecare P.

Circuitele surselor G, SN, SR nu sînt supravegheate de protecția de acționare, dar acestea sînt prevăzute, de regulă, cu protecții rapide și sigure.

b) — Demararea simultană a protecției de acționare și a protecției controlate la una dintre plecări arată că a apărut un scurtcircuit și că acesta este pe plecarea respectivă — punctul K 3. În acest caz, protecția barelor I nu trebuie să funcționeze. Într-adevăr, după cum se vede în Fig. 1, după închiderea contactelor 4 RCr, 4 RCt, este pusă sub tensiune bareta de blocaj ZBB, se excită releul 7 RTp care își deschide contactul normal închis, cu temporizare la închidere, din circuitul bobinei releului RTp, blocînd astfel comanda de declanșare a întreruptoarelor I 1, I 2, I 3 ale surselor, dată de releul RTp. Temporizarea releului RTp este necesară pentru a permite protecțiilor controlate ale plecărilor să blocheze comanda de declanșare a întreruptoarelor surselor G, SN, SR. Dacă declanșarea întreruptorului I 4 al plecării defecte nu survine într-un interval de timp, care se va preciza în cele ce urmează, deși protecția plecării respective a demarat, releul de timp 12 RTp își închide contactul său normal deschis și pune sub tensiune bobina releului RTp care apoi comandă deconectarea surselor G, SN, SR. Releul 12 RTp conferă protecției barelor funcția de protecție de rezervă cu asigurarea rezervei prin întreruptor la scurtcircuite pe plecări. Această funcție este utilă dacă nu este asigurată în condiții satisfăcătoare de protecțiile de rezervă ale circuitelor surselor.

Pentru punerea sub tensiune a baretei ZBB se poate utiliza în locul diodei D 4, un contact instantaneu normal deschis al releului 6 RTp, legat între bareta +ZBC și bareta ZBB, dar aceasta are dezavantajul că mărește tempo-



G
K_1
SN
SR
RCr
RCt
I>
I1
I2
I3
RTp
K2
I
I4
4RCr
4RCt
K3
P
ZBC
RCr
RCt
7RTp
12RTp
12RTp
RTp
10RTp
blocaj AAR.
- ZBC
+ ZBC
4RCr
4RCt
6RTp
D4
Decl I4
ZBB
6RTp
7RTp
2,75 s
- ZBC
Semnal

Fig. 1

rizarea releului RTp, deci a protecţiei barelor cu timpul de excitare a releului 6 RTp.

Temporizarea la revenire a releului 7 RTp este necesară pentru a da timp contactelor RCr, RCt să se deschidă după ce scurtcircuitul pe plecarea P a fost lichidat de întreruptorul I 4 al acesteia. Dacă temporizarea releului RTp este suficient de mare, releul 7 RTp poate fi un releu intermediar.

Dioda D 4 este necesară pentru a împiedica transmiterea comenzii de declanşare de la plecarea cu scurtcircuit la celelalte plecări, prin intermediul baretei ZBB.

Releul 10 RTp nu serveşte protecţiei barelor I, ci blocajului AAR între alimentarea normală SN şi alimentarea de rezervă SR, în cazul scurtcircuitelor pe barele I sau pe plecări. La scurtcircuit pe alimentarea normală SN, AAR nu este blocat, ceea ce este corect. În schimb, la scurtcircuit în circuitul generatorului G, AAR nu va fi blocat şi de aceea este necesar un blocaj suplimentar de la protecţia de bază a generatorului G, dar numai pe timpul în care întreruptorul I 1 al generatorului este anclanşat. Anclanşarea întreruptorului I 3 se poate efectua numai cu controlul automat al sincronismului care nu este figurat în schemă sau fără acesta, dar după ce toate celelalte surse — G, SN, — au fost deconectate.

c) — Demararea protecţiei de acţionare fără ca comanda de deconectare a surselor G, SN, SR să fie blocată, arată că a apărut un scurtcircuit şi că scurtcircuitul se află fie pe barele I — punctul K 2, fie pe o plecare P — punctul K 3 — dar protecţia acesteia nu a demarat sau lipseşte tensiunea de comandă, ceea ce înseamnă că întreruptorul I 4 al plecării defecte nu va declanşa. În ambele cazuri, funcţionarea protecţiei rapide a barelor este corectă. Într-adevăr, releele 4 RCr, 4 RCt nu îşi închid contactele sau lipseşte tensiunea de comandă la întreruptorul I 4 şi bareta ZBB nu va fi pusă sub tensiune, releul 7 RTp nu îşi va deschide contactul normal închis şi releul RTp se va excita comandînd declanşarea întreruptoarelor I 1, I 2, I 3. În acest fel, protecţia rapidă a barelor constituie şi o protecţie *rapidă* de rezervă, asigurînd şi rezerva prin întreruptor, pentru plecările ale căror întreruptoare refuză să declanşeze la scurtcircuit. Această calitate se datorește faptului că protecţia barelor controlează parţial şi funcţionarea protecţiilor plecărilor. Dacă există posibilitatea ca protecţia controlată a unei plecări să nu demareze la scurtcircuit pe plecare, odată cu protecţia de acţionare a protecţiei barelor, dar o altă protecţie a plecării respective să asigure declanşarea întreruptorului plecării, este necesar să fie controlată şi această protecţie concomitent cu cea controlată iniţial, pentru a evita funcţionarea greşită a protecţiei barelor, asigurîndu-i un blocaj corespunzător.

Menţinerea releelor 7 RTp, 9 RTp (Fig. 1, 2, 3) în starea „anclanşat" pe timp îndelungat nu se poate datora scurtcircuitelor pe plecări, ci este rezultatul unor defecte în circuitele secundare care trebuie remediate rapid pentru că împiedică buna funcţionare a protecţiei barelor. În acest scop, starea de anclanşat a releelor 7 RTp, 9 RTp este semnalizată.

Temporizarea la acţionare t_{RTp} a releului RTp se alege astfel încît să acopere timpul τ_{4RC} de excitare a releelor 4 RCr, 4 RCt, timpul τ_{7RTp} de anclanşare a releului 7 RTp, timpul $\tau_{rev\,RTp}$ de revenire a releului RTp şi

eroarea ε_{RTp} a acestuia, din care se scade timpul de excitare τ_{RC} a releelor RCr, RCt:

$$t_{RTp} \geqslant \tau_{4RC} + \tau_{7RTp} + \tau_{rev\,RTp} + \varepsilon_{RTp} - \tau_{RC} \tag{8}$$

Temporizarea t_{7RTp} la revenire a releului 7 RTp se alege astfel încît să acopere timpul τ'_{RC} de dezexcitare a releelor de curent RCr, RCt și eroarea ε_{7RTp} a releului 7 RTp, din care se scade timpul τ'_{4RC} de dezexcitare a releelor 4 RCr, 4RCt:

$$t_{7RTp} \geqslant \tau'_{RC} + \varepsilon_{7RTp} - \tau'_{4RC} \tag{9}$$

Dacă releul 7 RTp este un releu intermediar, temporizarea t_{RTp} a releului RTp trebuie să acopere și timpul de dezexcitare τ'_{RC} al releelor RCr, RCt, timpul $\tau_{rev\,RTp}$ de revenire a releului RTp și eroarea ε_{RTp} a acestuia, din care se scade timpul τ'_{4RC} de revenire a releelor 4 RCr, 4 RCt și timpul $\tau_{rev\,7RTp}$ de revenire al releului 7 RTp:

$$t_{RTp} \geqslant \tau'_{RC} + \tau_{rev\,RTp} + \varepsilon_{RTp} - \tau'_{4RC} - \tau_{rev\,7RTp} \tag{10}$$

Dacă valoarea t_{RTp} din (10) este mai mică sau egală cu valoarea t_{RTp} din (8), releul 7RTp poate fi releu intermediar.

Temporizarea la acționare t_{12RTp} a releului 12 RTp trebuie să depășească cu o treaptă de timp de selectivitate Δt, cea mai mare dintre temporizările protecțiilor de rezervă ale plecărilor $-t_{max\,p}$ și se scade temporizarea t_{RTp} a releului RTp deoarece comanda de declanșare este dată prin intermediul releului RTp.

$$t_{12RTp} = t_{max\,p} + \Delta t - t_{RTp} \tag{11}$$

EXEMPLUL 2

În stațiile electrice cu alimentare radială sau dublu radială, cu legături transversale prin cuple longitudinale sau transversale, protecția rapidă a barelor, propusă, se poate realiza cu scheme mai simple și cu o sensibilitate mai mare.

Astfel, în Fig. 2 este arătată schema protecției rapide a barelor într-o stație cu sistem simplu de bare, secționat — S_I, S_{II}, cu cuplă longitudinală cu un întreruptor I 3 și alimentare dublu radială de la două surse A_1, A_2 prin întreruptoarele I 1, I 2.

În astfel de cazuri, funcționarea în paralel a celor două alimentări A_1, A_2 prin închiderea cuplei este permisă pentru scurt timp și nu se ia în considerare la scurtcircuite. După cum se va arăta în cele ce urmează, protecția avînd schema din Fig. 2 nu lucrează greșit nici la scurtcircuite pe bare sau pe plecări, alimentate de la cele două surse A_1, A_2, funcționînd în paralel prin cuplă.

După cum se vede în Fig. 2, protecția propusă utilizează releele maximale de curent 1 RCr, 1 RCt care constituie protecția de acționare dependentă de alimentarea A_1, releele maximale de curent 2RCr, 2 RCt care constituie protecția de acționare dependentă de alimentarea A_2, releele maximale de

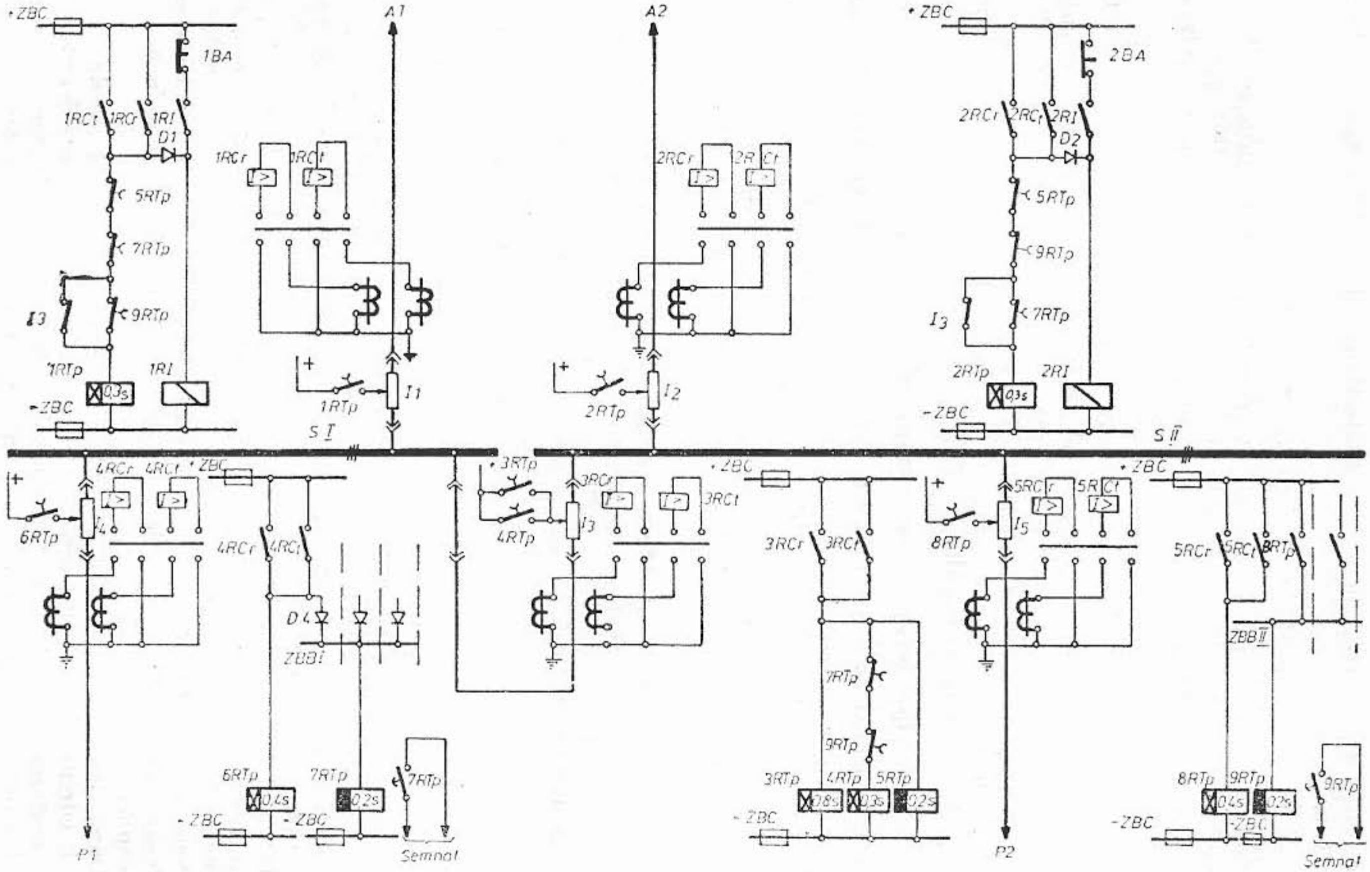


Fig. 2

curent 3 RCr, 3 RCt care împreună cu releul de timp 3 RTp cu temporizare la acționare aparțin protecției maximale de curent temporizată a cuplei și constituie protecție de acționare în cazul în care alimentarea uneia dintre secțiile de bare S_I, S_{II} se realizează prin cuplă — altfel spus, cupla devine sursă pentru secția de bare respectivă — releele maximale de curent 4 RCr, 4 RCt și 5 RCr, 5 RCt aparținînd protecțiilor maximale temporizate ale plecărilor P 1, P 2 împreună cu releele de timp 6 RTp, respectiv 8 RTp cu temporizare la acționare, releele intermediare 1 RI, 2 RI, butoanele de comandă cu revenire 1 BA, 2 BA, diodele D 1, D 2, D 4, releele de timp 5 RTp, 7 RTp, 9 RTp cu temporizare la revenire, releele de timp 1 RTp, 2 RTp, 4 RTp cu temporizare la acționare.

La un scurtcircuit pe una dintre plecări, de exemplu plecarea P 1, releele 4 RCr, 4 RCt își închid contactele și prin dioda D 4 pun sub tensiune bareta ZBBI, releul 7 RTp anclanșează și își deschide contactele normal închise din circuitele bobinelor releelor 1 RTp și 4 RTp, blocînd comanda de declanșare dată de releele 1 RCr, 1 RCt cînd este anclanșat întreruptorul I 1 și de releele 3 RCr, 3 RCt, cînd este anclanșat întreruptorul I 3. Astfel, protecția barelor nu lucrează la scurtcircuite pe plecări. La scurtcircuit pe o secție de bare — de exemplu S_I — sau pe o plecare racordată la secția de bare S_I — de exemplu plecarea P 1 — a cărei protecție nu a lucrat sau nu are tensiune de comandă, bareta ZBBI nu va fi pusă sub tensiune. În acest timp, bareta ZBBII nu se află sub tensiune deoarece nu este scurtcircuit pe nici una dintre plecările racordate la secția de bare S_{II}. În consecință, releele 7 RTp, 9 RTp rămîn declanșate. Dacă sînt anclanșate întreruptoarele I 1, I 2, iar I 3 este declanșat, releul 5 RTp rămîne declanșat deoarece releele 3 RCr, 3 RCt nu se excită.

În această situație, curentul de scurtcircuit pe secția de bare S_I parcurge întreruptorul I 1, releele 1 RCr, 1 RCt își închid contactele și excită releul 1 RTp care comandă declanșarea întreruptorului I 1. Dacă sînt anclanșate întreruptoarele I 2, I 3, iar I 1 este declanșat, curentul de scurtcircuit pe secția de bare S_I parcurge întreruptoarele I 2, I 3. În această situație, dacă protecția cuplei lucrează și are tensiune de comandă, releele 3 RCr, 3 RCt comandă declanșarea întreruptorului I 3 prin releul 4 RTp și blochează declanșarea întreruptorului I 2 prin releul 5 RTp. În caz contrar, releele 2 RCr, 2 RCt comandă declanșarea întreruptorului I 2 prin releul 2 RTp, ceea ce este corect deoarece întreruptorul I 3 nu poate declanșa.

În situația în care întreruptorul I 2 este declanșat, iar I 1, I 3 sînt anclanșate, secția de bare S_{II} reprezintă o plecare pentru protecția secției de bare S_I, iar plecările racordate la secția de bare S_{II} sînt elemente vecine acesteia. Se observă ușor că relația (6) nu poate fi satisfăcută.

În situația schemei de circuite primare considerată mai sus, un scurtcircuit pe o plecare racordată la secția de bare S_{II} — spre exemplu plecarea P 2 — apărut în timp ce lipsește tensiunea de comandă la cuplă, ar fi dus la deconectarea rapidă a alimentării A 1, dacă releul 9 RTp nu ar fi blocat-o. Cu alte cuvinte este necesar și controlul protecțiilor elementelor vecine unei plecări dacă relația (6) nu este satisfăcută.

În situația în care toate întreruptoarele I 1, I 2, I 3 sînt anclanșate, un scurtcircuit pe o plecare blochează declanșarea tuturor celor trei întreruptoare

prin unul din releele 7 RTp, 9 RTp. La scurtcircuit pe o secție de bare, de exemplu S_{II}, toate cele trei întreruptoare sînt parcurse de curenți de scurtcircuit, iar releele 7 RTp, 9 RTp rămîn declanșate. Dacă se excită releele 3 RCr, 3 RCt și cupla are tensiune de comandă, declanșează întreruptorul I 3 în timp ce declanșarea întreruptoarelor I 1, I 2 este blocată de releul 5 RTp, apoi releele 1 RCr, 1 RCt se dezexcită, iar releele 2 RCr, 2 RCt comandă declanșarea întreruptorului I 2 după ce releul 5 RTp a declanșat. În caz contrar, declanșează rapid ambele întreruptoare I 1, I 2 ceea ce este corect deoarece întreruptorul I 3 nu poate declanșa. În aceeași situație de funcționare, la scurtcircuit pe o alimentare — de exemplu alimentarea A_1 — în amonte de întreruptorul I 1, protecția barelor comandă declanșarea întreruptorului I 3, iar la refuzul acestuia, declanșarea ambelor întreruptoare I 1, I 2 ceea ce nu este corect deoarece trebuie declanșat numai întreruptorul I 1. Aceasta este singura situație în care protecția rapidă a barelor avînd schema din Fig. 2 nu funcționează corect, dar în exploatarea normală a stațiilor electrice cu alimentare dublu radială această situație este improbabilă.

Protecția de rezervă a plecărilor, inclusiv rezerva prin întreruptor, este realizată de protecția de rezervă a cuplei prin releul 3 RTp și de protecțiile de rezervă ale alimentărilor A_1, A_2, acestea fiind montate la întreruptoarele din amonte, la stația de plecare.

Releele 1 RCr, 1 RCt și 2 RCr, 2 RCt realizează și blocajul AAR prin intermediul releelor 1 RI, respectiv 2 RI, care se automențin în starea anclanșat pînă la apăsarea butoanelor 1 BA, respectiv 2 BA de către personalul de exploatare. Diodele D 1, respectiv D 2, împiedică releele 1 RTp, respectiv 2 RTp, să se automențină odată cu releele 1 RI, respectiv 2 RI.

La reglajul protecțiilor controlate ale plecărilor este necesar să se țină seama de relațiile (1), (2), iar cupla trebuie considerată plecare pentru fiecare din cele două secții de bare S_I, S_{II}. Reglajul releelor 1 RCr, 1 RCt, 2 RCr, 2 RCt, 3 RCr, 3 RCt trebuie să satisfacă:

— relația (4) în care $I_{dez\ p}=0$, ceea ce mărește considerabil sensibilitatea protecției barelor, iar pentru $\Sigma I_{sc\ m}$ la cuplă se vor considera plecările unei secții de bare și anume cea mai încărcată, iar la alimentare se vor considera ambele secții de bare corespunzător alimentării ambelor secții de bare de la o singură alimentare; pentru cuplă, satisfacerea relației (4) este echivalentă și cu satisfacerea relației (1), în acest fel protecțiile de acționare lucrează numai dacă sensul curentului de scurtcircuit este de la sursă către consumatori, protecțiile fiind desensibilizate față de curentul de scurtcircuit cu sens contrar;

— relația (5), la care se vor considera plecările de pe ambele secții de bare atît pentru cuplă cît și pentru alimentări, iar pentru alimentări și cupla trebuie considerată plecare;

— relația (6), la care atît pentru cuplă cît și pentru alimentări se vor considera plecările de pe ambele secții de bare; în schimb, nu mai este necesar ca cupla să fie considerată plecare pentru alimentări deoarece au fost luate măsuri de blocare în schema protecției barelor;

— relația (7).

Reglajul releelor 1 RTp, 2 RTp, 4 RTp se va stabili cu relațiile (8), (10), iar reglajul releelor 5 RTp, 7 RTp, 9 RTp cu relația (9) dacă acestea sînt relee de timp. Este preferabil să fie relee intermediare.

EXEMPLUL 3

Schema protecției rapide a barelor aplicată unei stații electrice cu sistem dublu de bare — I, II — și cuplă transversală, avînd alimentare dublu radială, este redată în Fig. 3. Protecția cuprinde aceleași relee, cu același reglaj ca protecția barelor de la exemplul 2, avînd schema din Fig. 2. Funcționarea protecției avînd schema din Fig. 3 este similară cu funcționarea protecției avînd schema din Fig. 2, cu următoarele deosebiri:

— comenzile de declanșare date de protecțiile de acționare și blocajele introduse de protecțiile controlate ale plecărilor sînt dirijate prin contacte auxiliare ale separatoarelor de bare pentru a ține seama de plecările și alimentările conectate la fiecare sistem de bare — I sau II;

— dacă cele două separatoare de bare ale aceluiași circuit, indiferent dacă este o plecare sau o alimentare, sînt simultan închise, sistemele de bare I, II funcționează ca unul singur deoarece nu există un întreruptor care să le separe la scurtcircuit; de aceea, baretele de blocaj ZBBI și ZBBII trebuie să fie puse în paralel prin contactele auxiliare ale separatoarelor de bare S 41, S 42, S 11, S 12, S 21, S 22, așa cum se vede în Fig. 3.

EXEMPLUL 4

Circuitele de capăt, cum sînt cele ale motoarelor electrice, sînt prevăzute numai cu protecții rapide împotriva scurtcircuitelor. În astfel de cazuri, controlul protecțiilor plecărilor, în oricare din schemele din Fig. 1, 2, 3, se poate simplifica renunțînd la controlul protecțiilor rapide ale circuitelor de capăt și mărind temporizarea protecției barelor la o treaptă de timp de selectivitate Δt.

Pentru o plecare prevăzută cu protecții rapide și temporizate împotriva scurtcircuitelor se poate, de asemenea, renunța la controlul protecțiilor ei, mărind la Δt temporizarea protecției barelor, dacă zona de acționare pe plecarea respectivă a protecțiilor de acționare ale protecției barelor este acoperită de protecția rapidă a plecării. Dacă protecția rapidă a plecării este o secționare de curent și are curentul de reglaj $I_{ppr}^{(p)}$ atunci este necesar ca:

$$I_{pp}^{(s)} \geqslant K_{sig} \cdot I_{ppr}^{(p)} \tag{12}$$

În acest caz, există riscul ca protecția barelor să funcționeze la refuz de funcționare a protecției rapide a plecării defecte, deși plecarea ar fi putut să fie deconectată de protecția ei de rezervă. Acest risc poate fi redus sau chiar eliminat prin conceperea adecvată a schemelor circuitelor secundare ale plecării, inclusiv a schemelor de montaj, astfel încît să devină neglijabilă probabilitatea ca defectele în circuitele secundare să împiedice numai funcționarea protecției rapide și să permită numai funcționarea protecției de rezervă.

În această variantă, protecția barelor lucrează cu temporizare Δt, dacă nu au declanșat întreruptoarele plecărilor defecte și la care protecțiile nu sînt controlate, indiferent de cauza refuzului de declanșare al întreruptoarelor plecărilor defecte.

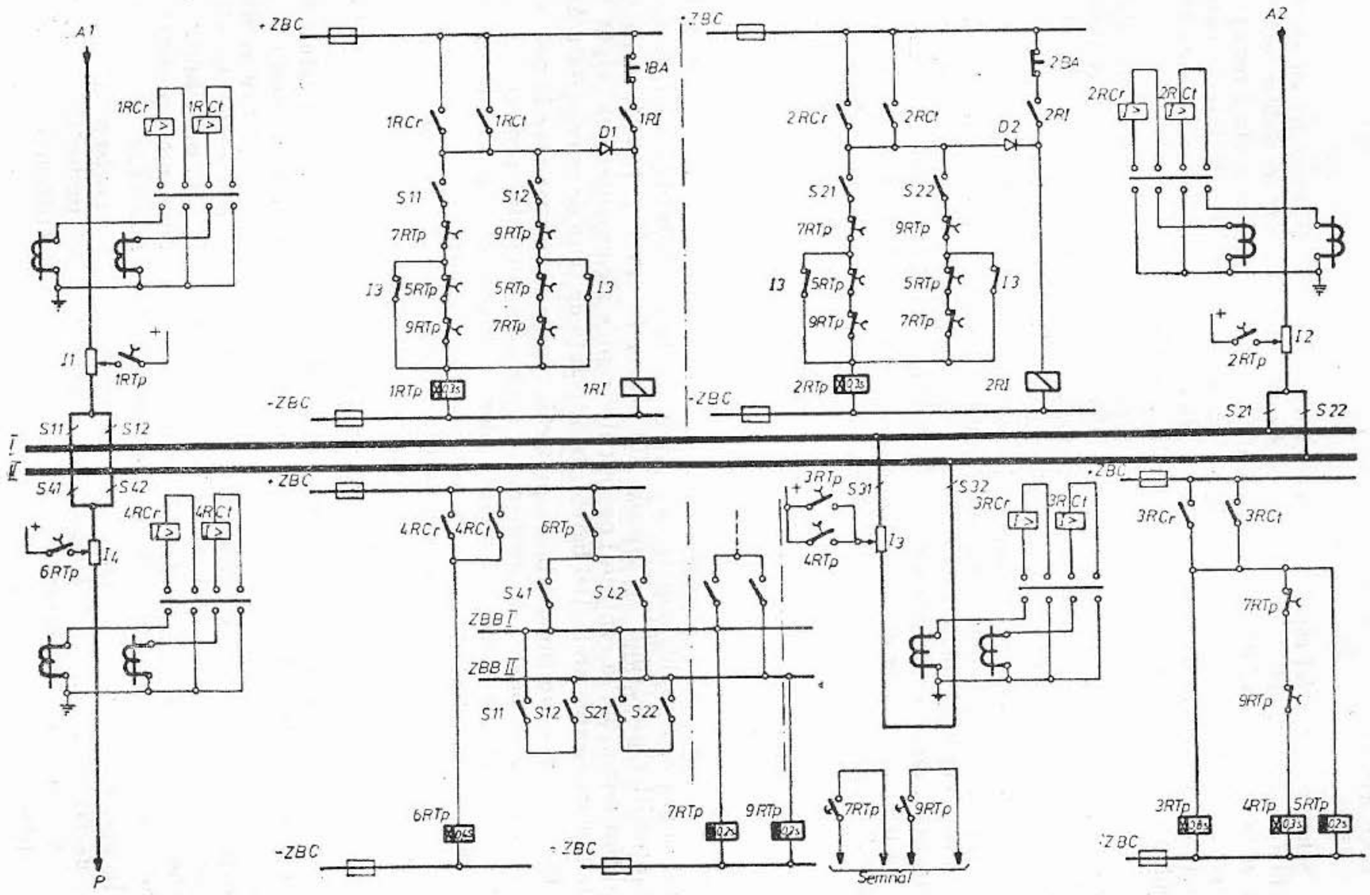

A1
A2
P
+ZBC
-ZBC
1RCr
1RCt
2RCr
2RCt
3RCr
3RCt
4RCr
4RCt
1BA
2BA
1RI
2RI
D1
D2
S11
S12
S21
S22
S31
S32
S41
S42
1RTp
2RTp
3RTp
4RTp
5RTp
6RTp
7RTp
9RTp
I1
I2
I3
I4
ZBB I
ZBB II
Semnal

Fig. 3

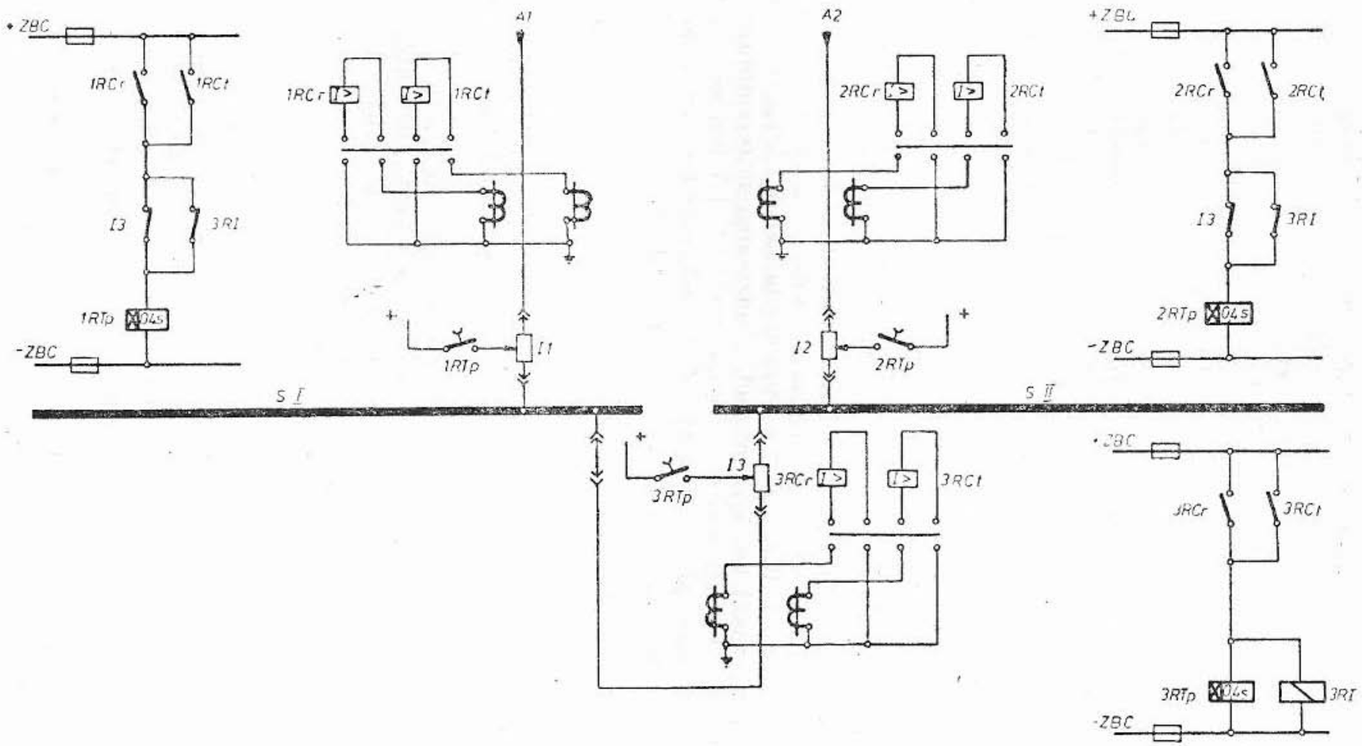

+ZBC
1RCr
1RCt
I3
3RI
1RTp
04s
-ZBC
1RCr
1RCt
A1
+
1RTp
I1
S I
A2
2RCr
2RCt
I2
2RTp
+
S II
+ZBC
2RCr
2RCt
I3
3RI
2RTp
04s
-ZBC
+
I3
3RTp
3RCr
3RCt
+ZBC
3RCr
3RCt
3RTp
04s
3RI
-ZBC

Fig. 4

În cazul în care toate plecările au protecții rapide care satisfac relația (12) se poate renunța total la controlul protecțiilor plecărilor, prevăzînd doar protecțiile de acționare, cu temporizări adecvate. Astfel, în schema din Fig. 1, protecția de acționare trebuie să aibă o temporizare egală cu treapta de timp de selectivitate Δt. În schemele din Fig. 2 și 3, cuplele ar trebui să aibă o protecție maximală de curent temporizată cu Δt, iar alimentările A 1, A 2 cîte o protecție maximală de curent cu temporizare egală cu Δt, care este blocată cînd cupla este închisă și a demarat protecția ei. Pentru un sistem simplu de bare secționat, cu alimentare dublu radială, schema protecției barelor este redată în Fig. 4 și cuprinde releele maximale de curent 1 RCr, 1 RCt, 2 RCr, 2 RCt, 3 RCr, 3 RCt, releele de timp 1 RTp, 2 RTp, 3 RTp, cu temporizare la acționare, un releu intermediar 3 RI. Releele 1 RCr, 1 RCt, respectiv 2 RCr, 2 RCt constituie protecția de acționare la alimentarea A 1, respectiv alimentarea A 2. Releele 3 RCr, 3 RCt constituie protecția de acționare a cuplei. În situația de funcționare cu întreruptoarele I 1, I 2 închise și I 3 deschis, un scurtcircuit pe o plecare care face să demareze protecția de acționare a alimentării corespunzătoare va fi lichidat de protecția rapidă a plecării, iar în caz contrar, cu temporizare Δt, de protecția de acționare a alimentării — de exemplu alimentarea A 1 — prin releul 1 RTp. Scurtcircuitul pe o secție de bare, de exemplu S_I, este lichidat cu temporizare Δt de protecția de acționare a alimentării A 1 — releele 1 RCr, 1 RCt — care excită releul 1 RTp, iar acesta, prin contactul său normal deschis, comandă declanșarea întreruptorului I 1.

În situația de funcționare cu întreruptoarele I 1, I 3 închise și I 2 deschis un scurtcircuit pe o plecare a secției de bare S_{II} care face să demareze protecțiile de acționare ale alimentării A 1 și cuplei este lichidat de protecția rapidă a plecării, iar în caz contrar, cu temporizare Δt, de protecția de acționare a cuplei — releele 3 RCr, 3 RCt — care excită releul 3 RTp, iar acesta comandă printr-un contact normal deschis declanșarea întreruptorului I 3.

Declanșarea întreruptorului I 1 este blocată prin releul 3 RI, care împiedică excitarea releului 1 RTp. Pentru secția de bare S_I, cupla reprezintă singura plecare fără protecție rapidă și deci este necesar controlul demarării protecției cuplei.

Dacă protecția de acționare a cuplei — releele 3 RCr, 3 RCt — nu demarează la un scurtcircuit pe o plecare a secției de bare S_{II}, nelichidat rapid de întreruptorul plecării, releul 3 RI rămîne declanșat, iar releele 1 RCr, 1 RCt excită releul 1 RTp care va declanșa întreruptorul I 1 cu temporizare Δt, ceea ce este corect deoarece întreruptorul I 3 nu va declanșa.

Un scurtcircuit pe secția de bare S_{II} determină excitarea releelor 3 RCr, 3 RCt care excită releele 3 RTp și 3 RI care comandă declanșarea întreruptorului I 3 cu temporizare Δt, respectiv blochează excitarea releului 1 RTp și deci declanșarea întreruptorului I 1. Dacă protecția de acționare a cuplei nu demarează, releul 3 RI rămîne declanșat, iar releele 1 RCr, 1 RCt comandă declanșarea întreruptorului I 1, prin releul 1 RTp cu temporizare Δt.

Protecțiile de acționare ale alimentărilor și cuplei se reglează ținînd seama de:

— relația (4) în care $I_{dez\,p}=0$, iar pentru $\Sigma I_{sc\,m}$ se va considera, la cuplă, secția de bare cea mai încărcată, iar la alimentări ambele secții de bare;

— relația (6) pentru toate plecările stației;

— relația (12) care include și relația (5);

— relația (7);

— condiția de desensibilizare față de curentul de sarcină maximă $I_{sarc\ max}$

$$I_{pp}^{(s)} \geqslant \frac{K_{sig} \cdot I_{sarc\ max}}{K_{rev}} \tag{13}$$

în care K_{rev} este coeficientul de revenire al releelor de curent.

Temporizarea releelor 1 RTp, 2 RTp, 3 RTp este egală cu treapta de timp de selectivitate Δt.

Protecția rapidă a barelor colectoare ale stațiilor electrice împotriva scurtcircuitelor propusă, prezintă următoarele avantaje:

— sesizează scurtcircuitele nu numai pe barele protejate, ci și pe plecările racordate la acestea, putînd constitui o protecție de rezervă temporizată a plecărilor la refuz de declanșare a întreruptoarelor acestora, indiferent din ce cauză, cu asigurarea rezervei prin întreruptor, adică deconectarea tuturor surselor racordate la bare;

— în caz de scurtcircuite pe plecări, controlează demararea protecțiilor plecărilor și prezența tensiunii de comandă la acestea, iar dacă acestea lipsesc, întreruptoarele plecărilor neputînd declanșa, asigură rapid rezerva prin întreruptor, deconectînd sursele racordate la bare;

— utilizează relee simple, ieftine și sigure în funcționare: relee de curent, de timp, intermediare;

— protecția de acționare a protecției barelor poate realiza și blocajul AAR la scurtcircuite pe bare sau pe plecări;

— cost redus;

— poate constitui protecție de rezervă a barelor, dacă protecția de bază a barelor este de alt tip.

IX. SCHEMĂ PENTRU ASIGURAREA DECONECTĂRII CIRCUITELOR DEFECTE LA REFUZ DE DECLANȘARE A ÎNTRERUPTOARELOR CIRCUITELOR

Ing. EUGEN COVAR
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

În instalațiile tehnologice în care refuzul la declanșare a unor întreruptoare poate provoca pagube materiale mari (distrugere de instalații, utilaje, motoare electrice, prelungirea opririi procesului tehnologic) este util ca, comanda de declanșare automată a întreruptorului respectiv să fie îndreptată către întreruptorul elementului vecin (alimentarea secției de bare respective, cuplă, generatoare sau alte surse) pentru a întrerupe alimentarea circuitului respectiv. În plus, trebuie blocată și instalația de AAR. De fapt, această operație se realizează de la sine în cazul scurtcircuitelor pe plecări la care sînt sensibile protecțiile de rezervă ale tuturor surselor (alimentare, cuplă etc.), dar ea trebuie generalizată și pentru acțiunea protecției de suprasarcină a motoarelor de 6kV, a protecțiilor tehnologice etc. și chiar a comenzilor manuale de declanșare în caz de avarie (la care întreruptoarele surselor trebuie să primească o comandă separată de declanșare).

În principiu, comanda de declanșare neexecutată de un întreruptor va trebui să fie executată de întreruptoarele tuturor surselor secției de bare respective cu o temporizare cel puțin egală cu treapta de selectivitate Δt. Se poate alege o temporizare $\Delta t=0{,}2-0{,}4$ s. Această posibilitate dublă de declanșare poate fi aplicată tuturor comenzilor de declanșare automată a întreruptorului unui circuit de 6 kV sau numai unora dintre ele. Ea poate fi aplicată și comenzii manuale de declanșare (de lîngă motor) pentru situațiile periculoase pentru instalații sau pentru personalul de exploatare. Aici există un dezavantaj: dacă comanda obișnuită de declanșare (de oprire) este dată în timp ce circuitele de comandă ale întreruptorului respectiv sînt întrerupte, vor fi deconectate toate sursele secției de bare respective, deși declanșarea se putea face cu o oarecare întîrziere, mecanic, de la celula de 6 kV. De aceea, apare necesară o semnalizare a întreruperii circuitelor de comandă (lampă cu lumină pîlpîitoare) la butonul de declanșare, pentru ca acesta să nu fie acționat decît în caz de pericol iminent, celelalte declanșări urmînd să se facă de la celula de 6 kV (pînă la refacerea integrității circuitelor de comandă). De cele mai multe ori, toate regimurile de avarie ale motorului sau utilajului antrenat sînt semnalate automat de protecții specializate, ceea ce nu mai face necesară dubla posibilitate de declanșare (de mai sus) pentru butonul de oprire de lîngă motor (sau de la tabloul de control al utilajului).

Schema este dată în Fig. 1 pentru o secţie de bare într-o staţie electrică cu simplu sistem de bare şi în Fig. 2 pentru o staţie cu dublu sistem de bare.

În Fig. 1, bareta ZBDR (baretă de declanşare de rezervă), primeşte tensiune direct de la contactele protecţiilor (pentru a evita o întrerupere între acestea şi bareta ZBDR). Dacă întreruptorul motorului nu declanşează, releul RTp declanşează întreruptoarele tuturor surselor. Prin montarea diodei D 1 funcţionarea secţionării de curent nu mai este controlată. Este vorba doar de exemplificarea procedeului de separare a protecţiilor controlate de cele necontrolate. Dacă protecţia de rezervă a surselor este sensibilă la scurtcircuitele pe plecări lichidate de o anumită protecţie a plecării, nu mai este necesar controlul funcţionării acesteia, dar este mai util şi mai simplu de a realiza acest control (nu mai este necesară dioda D 1). În plus, lichidarea scurtcircuitului se face cu Δt mai tîrziu decît cu protecţia plecării, în timp ce protecţia de rezervă a surselor poate avea o temporizare superioară (şi are de regulă).

Pentru plecările care au protecţii de rezervă temporizate (transformatoare de 6/0,4 kV) este necesar controlul direct al închiderii contactelor releelor protecţiei de rezervă. În caz de refuz de declanşare a întreruptorului, sursele trebuie deconectate cu o temporizare cu Δt superioară celei a protecţiei de rezervă. Aceasta implică utilizarea unei barete separate 1 ZBDR, cu releul de timp 1 RTp care are o temporizare mai mare decît a releului RTp. Controlul funcţionării protecţiilor netemporizate se realizează cu bareta ZBDR. Dacă simultan cu protecţia temporizată demarează şi o protecţie rapidă, sursele vor fi deconectate prin bareta ZBDR (temporizare mică), ceea ce este corect, deoarece acţiunea protecţiei temporizate nu ar putea declanşa întreruptorul (contactul 2 RTp este în paralel cu contactele protecţiilor rapide şi este controlat de ZBDR). Rezultă o accelerare a declanşării întreruptoarelor de rezervă (ale surselor), ceea ce constituie un alt avantaj al schemei.

Funcţia de întreruptor de rezervă la refuzul de declanşare a întreruptorului unei plecări este conferită întreruptoarelor surselor de către protecţia de rezervă a acestora cu următoarele avantaje şi dezavantaje:

Avantaje:

— funcţionarea protecţiilor de rezervă ale surselor este independentă de funcţionarea releelor de protecţie ale plecărilor şi de tensiunea (siguranţele) de comandă ale plecărilor.

Dezavantaje:

— insensibilitate faţă de unele defecte ale plecărilor: suprasarcini, acţiunea protecţiilor tehnologice, tensiune minimă pe bare;

— zona de acţionare a protecţiilor de rezervă ale surselor nu acoperă în întregime plecările.

Aceeaşi funcţie de întreruptor de rezervă o realizează pentru întreruptoarele surselor controlul funcţionării protecţiilor plecărilor, cu următoarele avantaje şi dezavantaje:

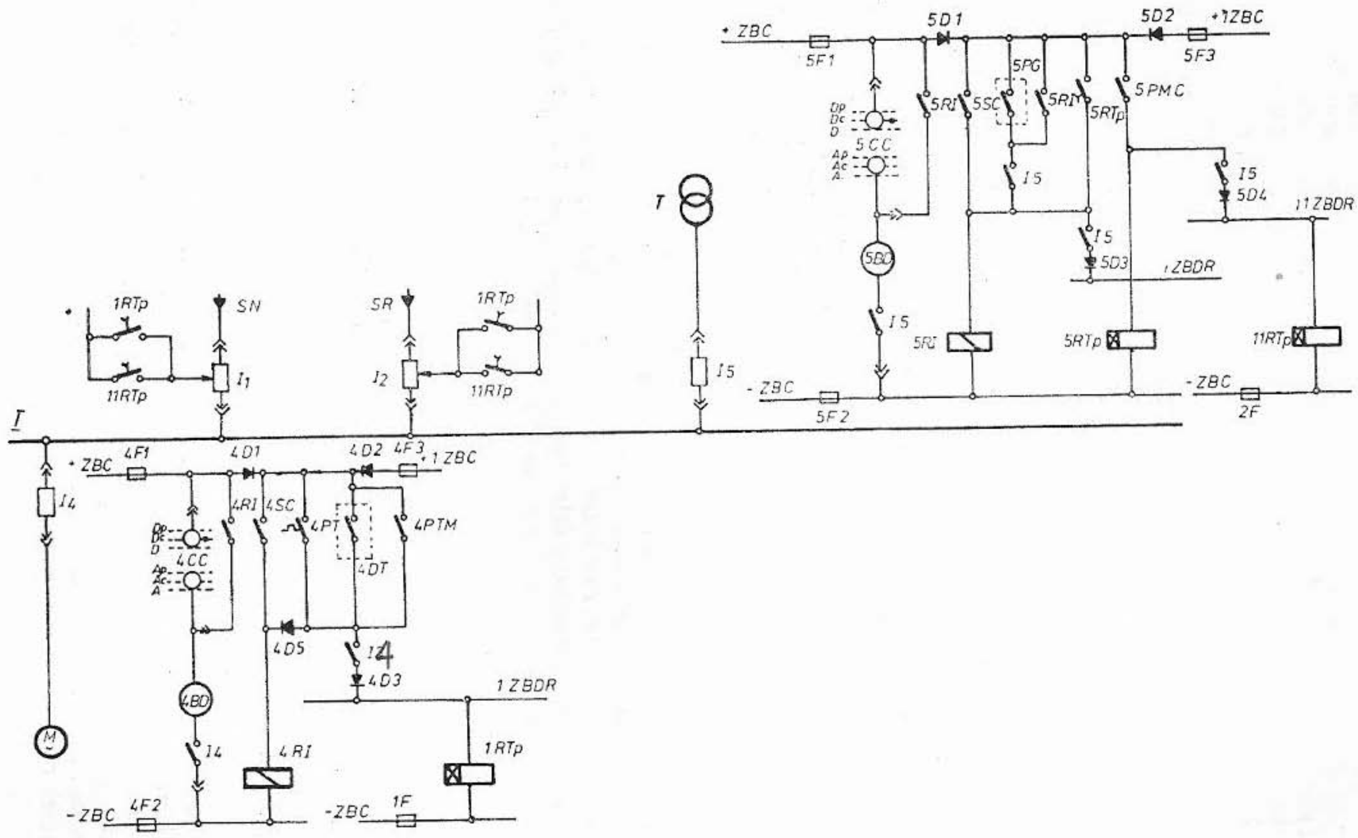

+ ZBC
5F1
5D1
5D2
+1ZBC
5F3
5PG
5RI
5SC
5PMC
5RTp
5CC
I5
5D4
11ZBDR
5D3
1ZBDR
5BD
5RTp
11RTp
- ZBC
5F2
2F
T
SN
SR
1RTp
11RTp
I1
I2
I
+ ZBC
4F1
4D1
4D2
4F3
+1ZBC
I4
4RI
4SC
4PT
4PTM
4DT
4CC
4D5
4D3
1ZBDR
4BD
1RTp
-ZBC
4F2
1F
M

Fig. 1

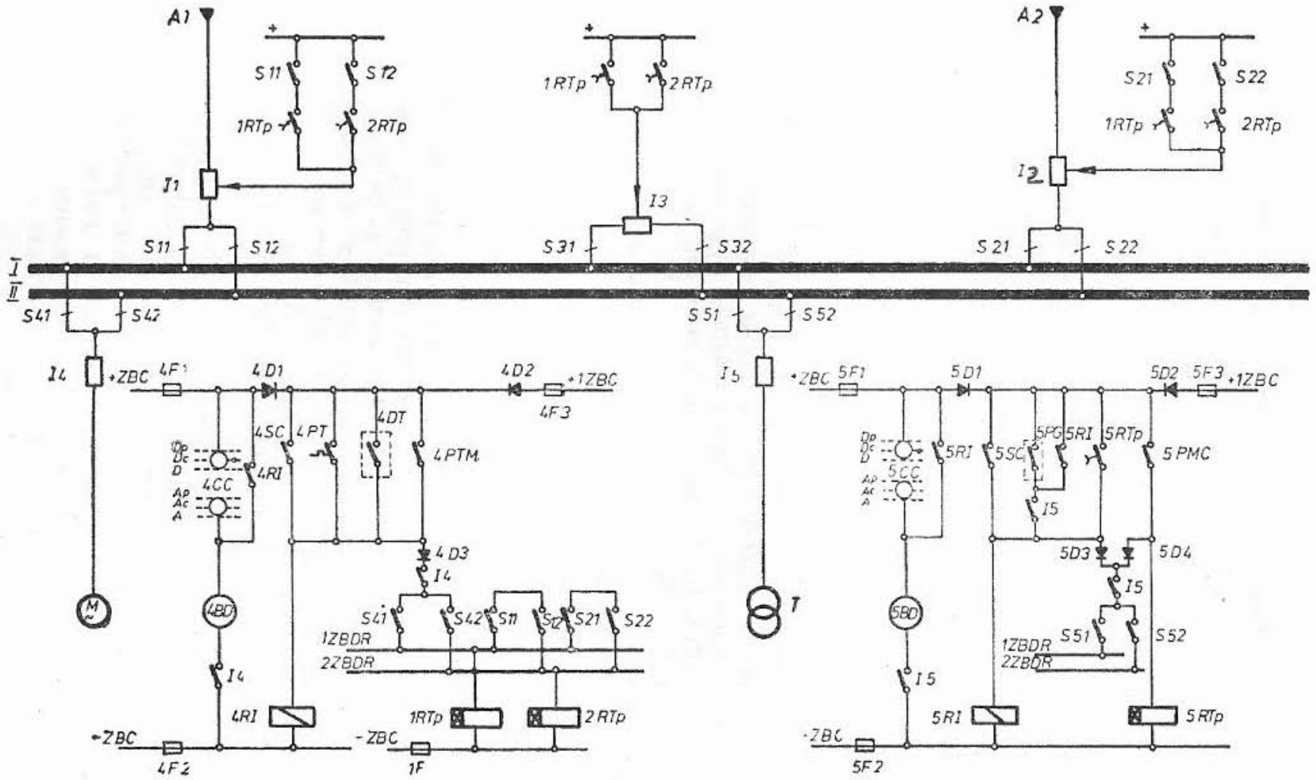

A1
A2
S11
S12
S21
S22
1RTp
2RTp
I1
I2
I3
I4
I5
S31
S32
S41
S42
S51
S52
I
II
+ZBC
-ZBC
+1ZBC
4F1
4F2
4F3
4D1
4D2
4D3
4SC
4PT
4DT
4PTM
4RI
4CC
4BD
1ZBDR
2ZBDR
1F
M
T
5F1
5F2
5F3
5D1
5D2
5D3
5D4
5RI
5SC
5PG
5RTp
5PMC
5CC
5BD

Fig. 2

Avantaje:

— sensibilitate față de toate defectele care conduc la deconectarea plecărilor (aceasta echivalează cu o prelungire a zonei protejate de protecțiile de rezervă ale surselor).

Dezavantaje:

— dependență de funcționarea releelor de protecție ale plecărilor și de tensiunea de comandă a acestora, mai ales că lipsa tensiunii de comandă se numără printre cauzele care duc la refuzul de declanșare la defecte a întreruptoarelor plecărilor.

Creșterea independenței față de tensiunea de comandă a plecării se obține prin:

— utilizarea unor barete separate de comandă și a unor contacte separate ale releelor de protecție (ceea ce este dificil deoarece releele de protecție au cîte un singur contact normal deschis);

— utilizarea unei barete de comandă separate + 1 ZBC și a diodelor D 2 care realizează: separarea baretelor +ZBC și +1 ZBC (un defect pe una nu afectează pe cealaltă), separarea circuitului de comandă (al bobinei BD) de cel de protecție, alimentarea dublă a circuitului de protecție (de la cele două barete). Bareta — ZBC fiind comună va fi asigurată cu un fuzibil cu curent nominal superior fuzibilelor de pe +ZBC și +1 ZBC cu 2 trepte în scara curenților nominali. Astfel, se va arde întotdeauna numai fuzibilul siguranței de pe +ZBC la scurtcircuit în circuitul de comandă (al bobinei de declanșare BD).

Se poate utiliza și o schemă simplificată în care contactele releelor protecțiilor de bază și de rezervă pun sub tensiune aceeași baretă ZBDR. De exemplu, în Fig. 1, baretele ZBDR și 1 ZBDR se confundă (ca în Fig. 2 — diodele D 1). În acest caz, temporizarea declanșării surselor va depăși cu Δt cea mai mare dintre temporizările protecțiilor de rezervă ale plecărilor.

Dacă, prin concepția schemelor de comandă și protecție, există siguranța că în cazul în care întreruptorul unei plecări refuză să declanșeze la acțiunea unei protecții de bază, același lucru se va întîmpla și la acțiunea ulterioară a protecției de rezervă a aceleeași plecări, atunci sursele pot fi deconectate cu o temporizare cu Δt mai mare decît a protecțiilor de bază. Acesta este cazul circuitului de transformator de 6/0,4 kV din Fig. 1. Avantajul este o accelerare a lichidării defectelor.

Realizarea funcției de întreruptor de rezervă pentru întreruptoarele surselor pe cele două căi: controlul funcționării protecțiilor plecărilor și acțiunea protecțiilor de rezervă ale surselor, se completează reciproc. Se recomandă a se utiliza cu prioritate protecțiile de rezervă ale surselor prelungind, dacă este necesar, zona lor de protecție pentru a acoperi în întregime plecările (de exemplu, prin utilizarea protecției cu relee termice pe surse, care este reglată la $I_{sarc\,max}$, în timp ce protecția maximală temporizată este reglată la (5—6) $I_{sarc\,max}$ pentru a nu funcționa la autopornirea motoarelor asincrone după goluri de tensiune).

În general, este necesar controlul protecţiilor tehnologice şi de suprasarcină ale motoarelor mai importante.

Aceste măsuri de siguranţă sînt cu atît mai necesare cu cît staţiile de 6 kV sînt fără supraveghere, cu cît intervenţia personalului de exploatare pentru remedierea întreruperii circuitelor de comandă durează mai mult timp, cu cît mecanismul de acţionare a întreruptorului se blochează mai des.

X. SEPARAREA AUTOMATĂ DE SISTEMUL ENERGETIC NAȚIONAL A SISTEMELOR UZINALE CU CET PROPRIU DIN INDUSTRIA CHIMICĂ

Ing. IOAN DÉSIRÉ SUCEVEANU
I.I.T.P.I.C. — BUCUREȘTI

1. GENERALITĂȚI

Procesele tehnologice specifice industriei chimice necesită, în multe cazuri, condiții severe de continuitate în alimentarea cu energie electrică impuse de consecințele importante ale întreruperilor în alimentare cum ar fi pericolul de explozii, degajarea de substanțe toxice, pierderi de vieți omenești, pierderi nerecuperabile de materii prime, nerealizări de producție, reporniri de lungă durată etc.

Spre deosebire de centralele la care producția de energie este scopul în sine al producției, centralele electrice de termoficare din industria chimică produc, în primul rînd, aburul necesar tehnologiilor chimice din întreprindere, iar producția de energie electrică este, de fapt, rezultatul necesității de a utiliza cu randament maxim și cheltuieli minime instalațiile termoenergetice. Ca urmare, apar deosebiri și în modul de tratare a instalațiilor de insularizare a centralelor din industrie față de cele din sistemul energetic.

De regulă, platformele chimice dispun de surse de abur tehnologic de presiuni mai mari decît cele de utilizare, reducerile de presiune realizîndu-se fie prin laminarea în turbine cu producție secundară de energie electrică, fie prin stații de reducere răcire. Prima situație fiind cea mai avantajoasă economic este și cea mai des întîlnită.

Eforturile de recuperare a resurselor energetice secundare s-au finalizat prin apariția pe platformele chimice a unor centrale alimentate cu abur produs în cazanele ce utilizează drept combustibil gaze reziduale rezultate în instalațiile tehnologice (ca în cazul instalațiilor de producere a negrului de fum) sau cu abur produs prin recuperarea energiei (de exemplu în instalațiile de acid sulfuric).

Toate aceste soluții diminuează cantitatea de energie electrică cerută sistemului energetic național, iar în unele cazuri se asigură integral consumul de energie electrică al întreprinderii chimice sau chiar se furnizează energie electrică în sistemul național. În mod evident, crește autonomia față de sistem a întreprinderilor chimice prevăzute cu CET propriu, dar această autonomie poate deveni reală numai în cazul prevederii de instalații de insularizare a acestor centrale.

Soluţiile de alimentare cu energie electrică din sistem asigură continuitatea impusă, sursele de abur sînt dimensionate astfel încît avarierea unor echipamente suprapusă peste efectuarea unor revizii programate să nu producă pierderi de producţie pe platformă, dar există şi situaţii cînd în sistemul energetic se produc avarii grave, extinse şi în aceste cazuri, indiferent de siguranţa schemei de alimentare, se produc întreruperi în alimentarea cu energie electrică a platformei chimice. În aceste situaţii, trebuie valorificate la maximum posibilităţile de funcţionare independentă în regim insular a centralelor proprii, în scopul diminuării pierderilor datorate întreruperilor.

2. SCHEMA OPTIMĂ A CENTRALEI. CONSIDERAŢII TEORETICE ŞI CRITERII DE INSULARIZARE

CET-ul propriu funcţionează în mod normal în paralel cu sistemul energetic naţional. În general, racordarea sistemului uzinal la cel naţional se face prin două transformatoare 20...110/6 kV cu secundarele conectate la cele două secţii de bare ale staţiei de racord adînc SRA ca în Fig. 1. Pe secţia 1 de bare a SRA sînt racordaţi consumatorii importanţi I şi cei foarte importanţi FI precum şi bara staţiei de 6kV CET. Pe aceasta din urmă debitează generatoarele G şi din ea se alimentează serviciile proprii SI ale centralei. Din secţia 2 de bare a SRA sînt alimentaţi consumatorii de importanţă secundară IS de pe platformă.

După cum se vede, consumatorii electrici au fost grupaţi în funcţie de importanţa lor în mai multe categorii şi repartizaţi ca atare pe barele celor două staţii de 6kV ale SRA şi CET.

Consumatorii de importanţă secundară IS sînt aceia care admit întreruperi în alimentare şi care vor fi deconectaţi în momentul separării de sistem.

Consumatorii foarte importanţi FI sînt cei mai pretenţioşi din punct de vedere al alimentării şi anume cei care nu pot fi întrerupţi decît în cazuri excepţionale. Funcţie de consecinţele întreruperilor pot exista şi consumatori de importanţă medie, I.

La împărţirea pe categorii de importanţă a consumatorilor se vor avea în vedere, în afară de consecinţele tehnologice ale întreruperilor şi:

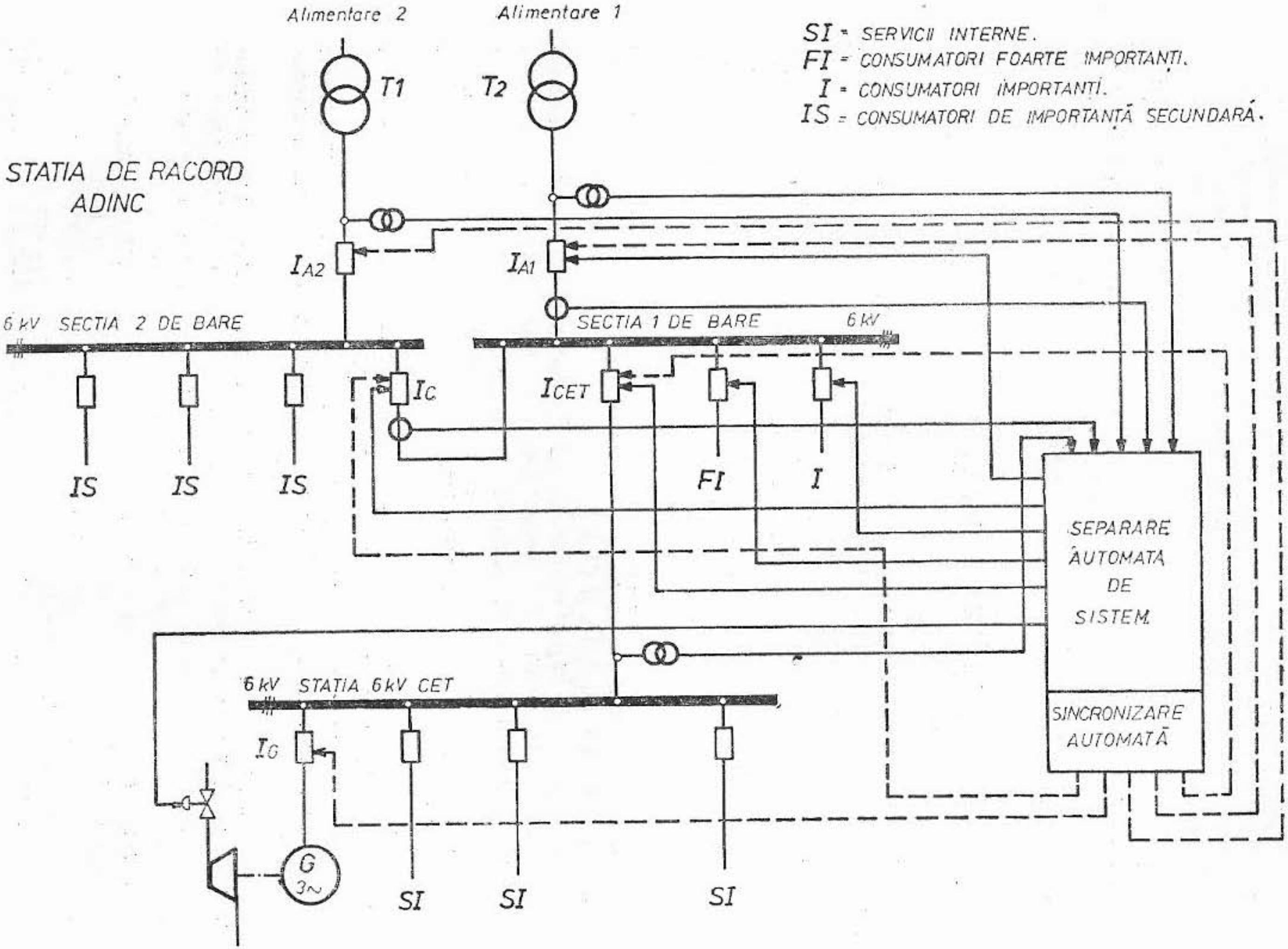
— consumatorii de a căror funcţionare depinde menţinerea consumului de abur la valoarea din momentul separării în centralele cu grupuri cu contrapresiune;

— consumatorii de a căror funcţionare depinde alimentarea cazanelor cu gaze reziduale ce servesc drept combustibil în centralele recuperatoare;

— consumatorii de a căror funcţionare depinde alimentarea centralei cu abur obţinut prin recuperarea energiei acolo unde este cazul.

Serviciile proprii ale centralei SI vor fi grupate în întregime pe bara CET.

În mod evident, toţi aceşti consumatori importanţi vor fi prevăzuţi cu posibilitatea opririi în caz de urgenţă, în condiţii de deplină siguranţă din punct de vedere al pericolelor de explozie, distrugerilor de utilaje sau al pierderilor de vieţi omeneşti. Trebuie precizat că nu se pot lua în discuţie consumatorii



SI = SERVICII INTERNE.
FI = CONSUMATORI FOARTE IMPORTANȚI.
I = CONSUMATORI IMPORTANȚI.
IS = CONSUMATORI DE IMPORTANȚĂ SECUNDARĂ.
Alimentare 2
Alimentare 1
T1
T2
STATIA DE RACORD ADINC
I_{A2}
I_{A1}
6 kV SECTIA 2 DE BARE
SECTIA 1 DE BARE
6 kV
I_C
I_{CET}
IS
IS
IS
FI
I
SEPARARE AUTOMATA DE SISTEM
SINCRONIZARE AUTOMATĂ
6 kV STAȚIA 6 kV CET
I_G
G 3~
SI
SI
SI

Fig. 1

de categoria zero conform normativului PE 124/78, aceştia urmînd a avea asigurată o altă sursă pentru situaţii de avarie în sistemul energetic.

În regim normal de funcţionare, întreruptorul Ic este deschis şi toate celelalte întreruptoare sînt închise. În raport cu puterea debitată de centrală şi cu consumul de pe secţia 1 de bare a SRA, prin întreruptorul I_{A1} energia poate circula în ambele direcţii.

Funcţionarea normală a sistemului uzinal care lucrează în paralel cu sistemul energetic naţional, se consideră perturbată atunci cînd tensiunea sau frecvenţa se abat de la limitele admise într-o asemenea măsură încît nu mai poate fi menţinută funcţionarea corectă a consumatorilor. În conformitate cu „Instrucţiunile privind insularizarea centralelor electrice de pe platforme industriale", elaborate de I.S.P.E. şi aprobate de C.T.E al M.E.E. cu nr. 118/78, separarea de sistem se face, dacă nu există alte restricţii, la 47,6 Hz., iar izolarea pe servicii proprii la 47 Hz.

Perturbaţiile pot apărea din cauze interne sau externe sistemului uzinal. Defectele din sistemul uzinal trebuie localizate şi eliminate în cel mai scurt timp posibil prin protecţii selective şi rapide ale fiecărui element din reţea, astfel încît să nu conducă la deconectarea alimentării din sistem sau a generatoarelor din CET.

Defectele exterioare sistemului uzinal au drept consecinţă valori inacceptabile pentru fluxul de putere dinspre CET spre sistemul energetic naţional. Cele mai frecvente defecte în sistemul naţional sînt întreruperile de scurtă durată şi variaţiile de tensiune. În primul caz, sistemul uzinal va ieşi din sincronism după circa 0,3 secunde şi prin urmare, separarea trebuie să se producă rapid pentru a preveni avariile serioase ce se pot produce în special la turbogeneratoare la revenirea tensiunii.

Tensiunea critică pentru sistemul uzinal este de circa 70% din tensiunea nominală deoarece, sub această valoare motoarele sincrone ies din sincronism, curentul absorbit de motoarele asincrone creşte inadmisibil, iar aparatajul de comandă (contactoare, relee etc.) se deconectează. Prin urmare, separarea trebuie să se producă la scăderea tensiunii sub 70% din valoarea nominală, iar timpul în care va avea loc separarea să fie de cel puţin $0,3 \div 0,5$ secunde.

În afara variaţiilor de tensiune, variaţiile de frecvenţă pot indica un defect în reţeaua de alimentare din sistemul naţional. Creşterea puterii care circulă dinspre CET spre sistem prin întreruptorul I_{A1}, ca urmare a unui defect exterior sistemului uzinal, are drept consecinţă întotdeauna scăderea frecvenţei şi de aceea variaţiile de frecvenţă reprezintă un criteriu sigur de separare.

Criteriile pentru separarea sistemului uzinal depind de următorii factori:

- comportarea consumatorilor la variaţii de tensiune şi frecvenţă;
- configuraţia reţelei sistemului uzinal;
- configuraţia reţelei de alimentare din sistemul naţional;
- puterea debitată de CET în momentul separării;
- puterea totală cerută de receptorii sistemului uzinal;
- capacitatea de reglaj al sarcinii centralei proprii;
- configuraţia reţelei de abur;
- consumul de abur în instalaţiile ce rămîn în funcţiune;
- posibilităţile de blocare ale instalaţiilor AAR în momentul separării.

Trebuie avut în vedere că toți acești factori sînt variabili și prin urmare, condițiile în care se face separarea automată de sistem nu sînt aceleași în toate situațiile.

În majoritatea cazurilor, este suficient să se verifice următoarele mărimi electrice în punctul de joncțiune: tensiunea, curentul, direcția de scurgere a puterii și frecvența. De cele mai multe ori se preferă ca, în plus, să se măsoare variația de viteză a frecvenței, deoarece această mărime caracterizează mai bine natura perturbației și permite o separare rapidă, în timp util, a sistemului uzinal. Impulsul de separare se va da numai dacă în CET există o putere disponibilă suficientă chiar și în cele mai nefavorabile condiții de funcționare. Se consideră, în general, că este de preferat o separare în plus decît una în minus. Dacă sistemul uzinal funcționează în bune condiții în regim insular, este posibil să se restabilească funcționarea în paralel cu sistemul energetic național într-un timp foarte scurt.

„Instrucțiunile privind insularizarea centralelor electrice de pe platforme industriale" definesc insularizarea ca funcționare a CET-ului pe consum extern și servicii proprii, deci separarea sistemului uzinal cu CET de sistemul național, iar funcționarea CET-ului numai cu serviciile proprii este denumită izolare.

Condiția esențială pentru reușita insularizării conform instrucțiunilor, este asigurarea unor consumuri locale de energie electrică și abur care rămîn alimentate în insulă. Consumurile de energie electrică și abur trebuie corelate atît între ele cît și cu puterea și debitul surselor din insulă astfel încît, în caz de avarie extinsă în sistemul național, în insulă să existe un echilibru.

Prin urmare, în insulă trebuie să se instaleze un regim de funcționare stabil atît pe partea de abur cît și pe partea de energie electrică. Pentru a insulariza întregul sistem uzinal ar fi necesar ca puterea produsă în CET să acopere întreg necesarul de putere atît înainte cît și după insularizare. Deci, prin întreruptorul I_{A1} ar trebui să se furnizeze permanent o anumită cantitate de energie electrică sistemului național deoarece trebuie luată în considerație nu numai sarcina normală ci și necesarul de putere pentru pornirea altor motoare.

În practică, puterea disponibilă în CET este funcție de aburul tehnologic furnizat la consumator și astfel, pot apărea două cazuri și anume:

(a) — puterea necesară este mai mică decît puterea disponibilă în CET;

(b) — puterea necesară este mai mare decît puterea disponibilă în CET.

În ambele cazuri, imediat după separare, viteza turbinei variază deoarece nu mai este menținută constantă de frecvența sistemului național cu care funcționa în paralel. În cazul (a) frecvența crește, iar în cazul (b) scade.

La creșterea frecvenței, deci în cazul (a), la valoarea de 50,5 Hz se va trece automat de la reglajul în contrapresiune la reglajul pe turație al turboagregatului în sensul menținerii constante a frecvenței la valoarea nominală.

La scăderea frecvenței este necesară reducerea treptată a sarcinii după un program prestabilit pînă cînd se obține creșterea frecvenței la valoarea nominală. Dacă frecvența continuă să crească, atunci la valoarea de 50,5 Hz se trece la reglajul pe turație ca în cazul (a). Reducerea treptată a sarcinii este posibilă cu ajutorul unui releu de frecvență independent de tensiune, cu timp scurt de comutare și valori de răspuns reglabile la intervale mici. Această soluție, mai puțin precisă decît aceea a comparării continue a cantităților de

energie produsă în CET și consumată în sistemul uzinal în același moment, este totuşi satisfăcătoare din toate punctele de vedere. Metoda comparării continue a cantităților de energie produsă și consumată și deci a determinării exacte a sarcinii ce trebuie deconectată la un moment dat pentru a obține o funcționare stabilă, necesită un echipament scump care nu se justifică în practică.

Deconectarea simultană a sarcinii cu separarea CET-ului de sistem este avantajoasă în toate cazurile cînd există un deficit de putere după separare sau cînd nu toate generatoarele din CET sînt în funcțiune.

Descărcarea în trepte a sarcinii funcție de frecvență trebuie să fie posibilă pînă la izolarea CET-ului pe servicii proprii prin deschiderea I_{CET}, deoarece menținerea în funcțiune a centralei la avarii extinse în sistemul național poate permite reîncărcarea în momentele imediat următoare a centralei la sarcina nominală, deci minimalizarea pagubelor provocate de întreruperea alimentării.

La revenirea sistemului energetic național la parametrii nominali este necesar ca sistemul din insulă să se reconecteze automat în paralel cu sistemul pentru a micșora la minimum timpul de funcționare insulară. În acest scop, instalația de separare este prevăzută cu un sistem de sincronizare automată și supraveghere a parametrilor sistemului pe toată durata întreruperii alimentării.

Dispozitivul de sincronizare automată este util și în cazul unor avarii limitate numai la alimentarea 1 din sistem deoarece, în acest caz, se execută automat insularizarea și apoi sincronizarea și conectarea automată a insulei la alimentarea rămasă în funcțiune prin închiderea întreruptorului I_C.

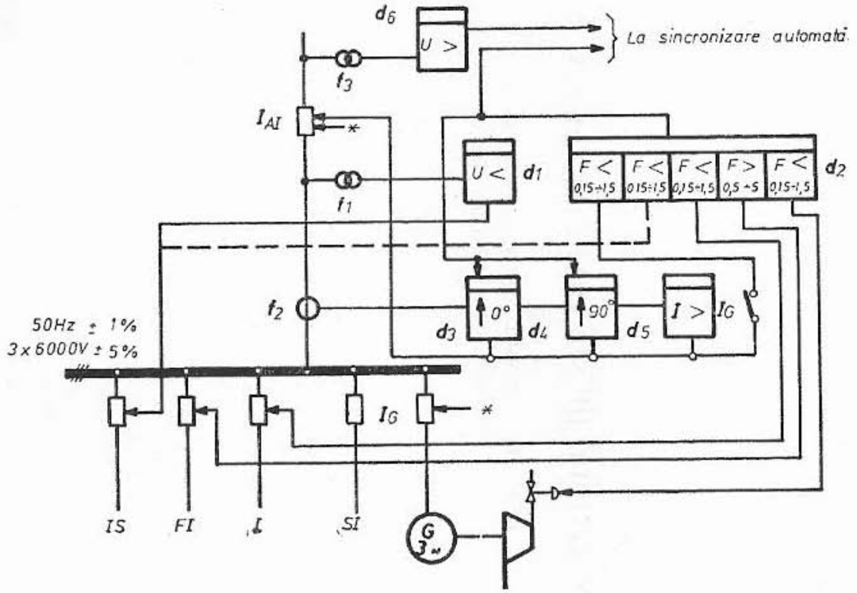
3. DISPOZITIVUL DE SEPARARE AUTOMATĂ DE SISTEM

Pentru a da rezultatele scontate este necesar ca dispozitivul de separare automată de sistem să cuprindă componente cu funcționare sigură, precizie mare, timp scurt de răspuns și reglabile în gamă continuă. De aceea, este necesar ca dispozitivul să fie executat cu relee statice și să fie independent de tensiunea și frecvența rețelei de alimentare și să acționeze asupra unui număr minim de întreruptoare.

Așa cum se vede din Fig. 2, tensiunea obținută în secundarul transformatorului de măsură f 1 este aplicată releului d 1 de minimă tensiune, releului de frecvență d 2 și releelor direcționale de putere activă d 3 și reactivă d 4. Curentul măsurat cu ajutorul transformatorului f 2 este aplicat releelor direcționale de putere d 3 și d 4 precum și releului maximal de curent d 5.

Impulsul de separare dat de releul minimal de tensiune sau de cel maximal de curent poate fi aplicat întreruptorului I_{A1} numai dacă releele direcționale de putere d 3 și d 4 au sesizat creșterea puterii în sensul spre alimentarea din sistem. Releele d 3 și d 4 pot fi reglate în ambele sensuri de trecere a puterii prin fiderul de alimentare, la valoarea maximă admisă de regimul normal de funcționare al centralei.

Releul de frecvență d 2 poate emite impulsul de separare împreună cu releele d 1, d 3, d 4 și d 5 sau independent de acestea la frecvența minimă reglată



d_1 = releu static de minimă tensiune

d_2 = releu static de frecvență independentă de tensiune cu patru trepte temporizate independent.

d_3, d_4 = relee statice direcționale de putere

d_5 = releu static maximal de curent

d_6 = releu static maximal de tensiune al instalației de sincronizare automată.

* - de la sincronizare automată.

Fig. 2

pentru insularizarea sistemului uzinal. Releul d 2 conţine cel puţin o treaptă maximală de frecvenţă reglată la 50,5 Hz cu temporizare între 0,15 pînă la 1,5 secunde necesară emiterii impulsului de trecere pe reglajul de turaţie al generatoarelor. Celelalte trepte se pot regla independent la frecvenţe minime şi temporizări astfel alese încît să se realizeze treptele de descărcare a sarcinii generatoarelor conform programului prevăzut.

Dispozitivul de separare automată de sistem este echipat cu o instalaţie de sincronizare automată care în mod normal serveşte pentru punerea în paralel a generatoarelor cu sistemul, prin diferitele întreruptoare ale staţiei de 6 kV, dar care, după insularizare, supraveghează tensiunea de alimentare din sistem cu ajutorul releului maximal de tensiune d 6 şi asigură resincronizarea centralei cu sistemul comandînd automat reanclanşarea întreruptorului I_{A1}.

Sînt prevăzute toate semnalizările necesare în regim normal de funcţionare sau la trecerea în regim insular. Alimentarea dispozitivului se face din sursa de curent continuu operativ a staţiei de 6 kV CET.

4. APLICAŢII CONCRETE LA INSULARIZAREA PLATFORMELOR CHIMICE

Principala problemă care se pune în prezent este echiparea centralelor în funcţiune pe diferite platforme ale industriei chimice cu instalaţii de insularizare. Avînd în vedere diversitatea echipamentelor din aceste centrale, multitudinea de scheme de distribuţie şi caracterul diferit al consumatorilor, se impune analizarea atentă a fiecărui caz în parte şi aplicarea de soluţii adecvate situaţiei concrete, soluţii care de cele mai multe ori nu se aseamănă decît principial cu cazul schemei optime din Fig. 1. În prezent, sînt în curs de execuţie două instalaţii de insularizare în CET — Carbosin Copşa Mică şi CET — Danubiana Bucureşti realizate de I.I.T.P.I.C., în colaborare cu Institutul Politehnic-Iaşi.

În cele ce urmează, se vor analiza trei situaţii concrete de sisteme uzinale existente conţinînd centrale diferite atît din punct de vedere al numărului, puterii şi tipului de generatoare cît şi al schemei sistemului uzinal în care funcţionează centrala.

4.1. ÎNTREPRINDEREA CHIMICĂ **CARBOSIN COPŞA MICĂ**

În CET-ul întreprinderii chimice CARBOSIN sînt instalate trei generatoare cu o putere unitară de 6 MW fiecare, echipate cu turbine cu condensaţie şi priză şi un al patrulea generator de 4 MW echipat cu turbină cu contrapresiune. Alimentarea cu abur a centralei este rezultatul arderii în cazane recuperatoare a gazelor reziduale produse de liniile de fabricaţie a negrului de fum.

Generatoarele debitează energie electrică la tensiunea de 6 kV pe o staţie cu două secţii de bare cu cuplă longitudinală. Staţia este în acelaşi timp şi staţie de racord cu sistemul, fiecare secţie de bare avînd un racord propriu la sistemul naţional, ca în Fig. 3.

Regimul normal de funcţionare este cu cupla longitudinală deschisă, puterea consumată din staţia de 6 kV CET fiind mai mică decît producţia proprie a centralei cu circa 4 MW.

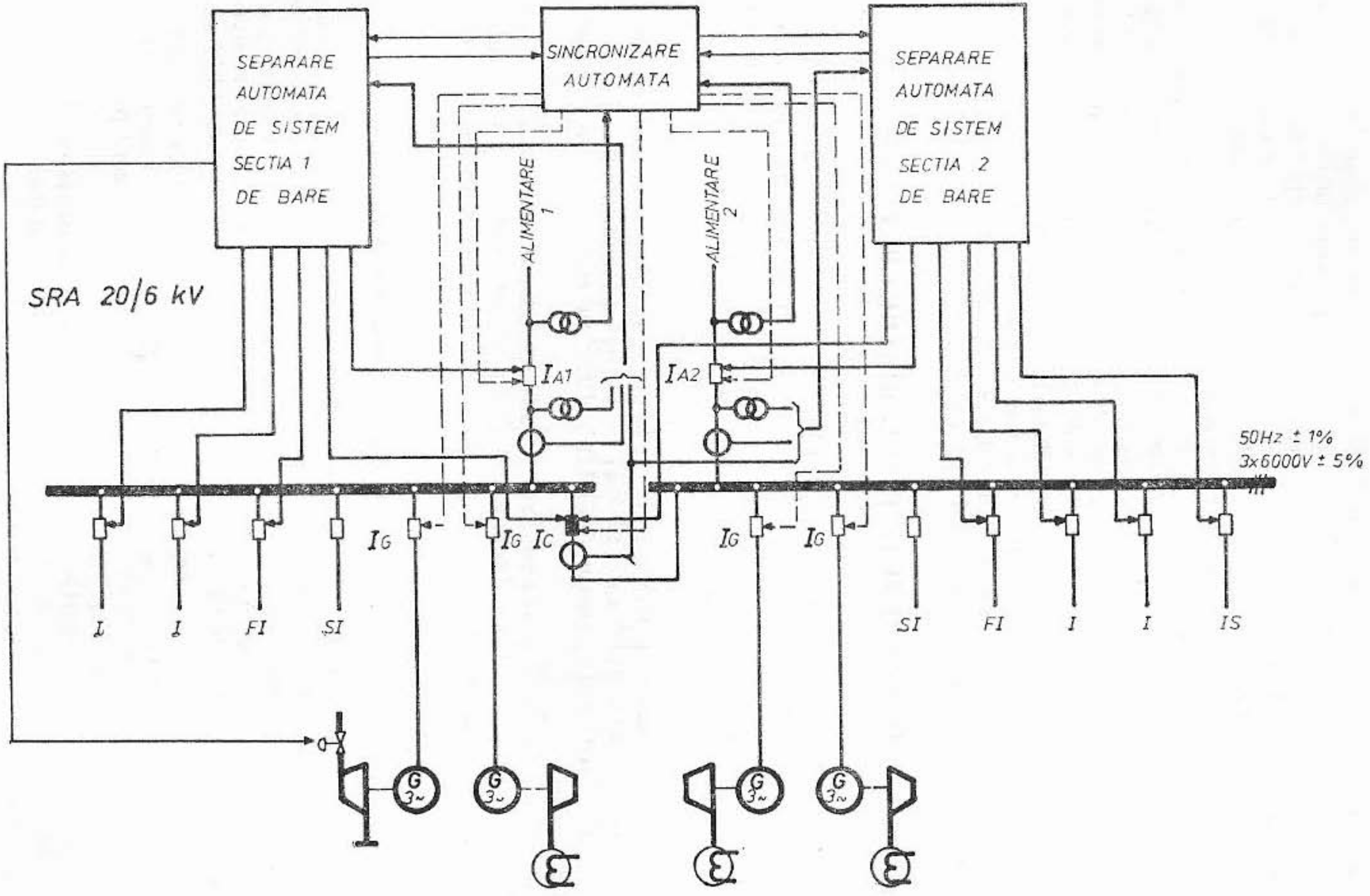

SEPARARE AUTOMATA DE SISTEM SECTIA 1 DE BARE
SINCRONIZARE AUTOMATA
SEPARARE AUTOMATA DE SISTEM SECTIA 2 DE BARE
SRA 20/6 kV
ALIMENTARE 1
ALIMENTARE 2
I_{A1}
I_{A2}
I_G
I_C
50Hz ± 1%
3x6000V ± 5%
I
I
FI
SI
SI
FI
I
I
IS
G 3~

Fig. 3

De pe barele de 6 kV ale stației centralei se alimentează serviciile proprii ale centralei, o stație de 6 kV pe care este grupat întregul consum aferent instalațiilor tehnologice furnizoare de gaz rezidual și alte două stații de 6 kV cu consumatori de importanță diferită, conform Fig. 3.

Două elemente sînt hotărîtoare în alegerea soluției de insularizare și anume:

— nu este posibilă realizarea unei singure bare pe care să fie grupați consumatorii importanți în cazul insularizării;

— toți consumatorii importanți din CARBOSIN dispun de două căi de alimentare, cîte una de pe fiecare secție de bare a stației de 6 kV CET.

Schema de alimentare cu energie electrică a consumatorilor uzinali permite ca prin manevre simple, pe una din cele două secții de bare ale centralei să se poată menține un echilibru între puterea debitată de generatoarele racordate la bara respectivă și puterea consumată. Este evident că această condiție fiind realizată, schimbul major de putere cu sistemul se va realiza pe cealaltă secție de bare. Funcție de regimul de funcționare al consumatorilor uzinali, de programul de revizii și reparații al centralei, bara în echilibru poate fi secția 1 de bare sau secția 2 de bare a centralei.

Soluția optimă în acest caz a fost echiparea fiecărei secții de bare a stației de 6 kV CET cu o instalație de insularizare care să lucreze independent una de alta. Trebuie precizat că soluția de a funcționa cu cupla longitudinală închisă nu era acceptabilă deoarece reducea considerabil siguranța în funcționare în regim normal de lucru.

În cazul unei avarii pe una din cele două alimentări din sistem, secția de bare respectivă se separă automat, trece în regim insular și apoi cu ajutorul aparatajului de sincronizare automată se va racorda la alimentarea din sistem rămasă în funcțiune prin închiderea întreruptorului I_c. La revenirea la parametrii normali a racordului pe care s-a produs avaria, procesul se va desfășura în sens invers.

La o avarie extinsă în sistem, soldată cu căderea ambelor racorduri ale centralei la sistem, fiecare secție de bare se va insulariza independent, șanse maxime avînd secția de bare aflată în regim de echilibru între puterea furnizată de generatoare și cea consumată. Cealaltă secție de bare se va insulariza cu deconectarea consumatorilor mai puțin importanți, dacă aceasta va fi necesar, conform programului stabilit.

Soluția adoptată permite obținerea de șanse maxime de insularizare a centralei împreună cu consumatorii importanți din sistemul uzinal inclusiv cu instalațiile tehnologice producătoare de gaz rezidual pentru cazanele din CET. Elasticitatea schemei și existența instalațiilor de autopornire pentru circa 60% din consumatorii uzinali fac ca siguranța în funcționare a alimentării cu energie electrică a întreprinderii să fie la nivelul maxim oferit de instalațiile energetice ale CARBOSIN.

4.2. ÎNTREPRINDEREA DE COLORANȚI COLOROM CODLEA

Spre deosebire de cazul de mai sus, centrala electrică de termoficare a întreprinderii COLOROM are o stație de 6 kV cu două sisteme de bare din care unul secționat.

În centrală sînt instalate trei generatoare cu o putere unitară de 4 MW fiecare echipate cu turbine cu contrapresiune. Generatoarele debitează energia electrică pe stația de 6 kV de mai sus. Între cele două sisteme de bare există o cuplă longitudinală iar între fiecare sistem de bare și bara de transfer cîte o cuplă transversală. Fiecare sistem de bare este racordat independent la sistemul energetic național.

Regimul normal de funcționare este cu cupla longitudinală deschisă, puterea furnizată de cele trei generatoare fiind mai mică decît puterea consumată de pe barele centralei.

De pe cele două secții de bare ale centralei se alimentează serviciile interne ale acesteia și trei stații de 6 kV de distribuție uzinală (Fig. 4).

Caracteristic acestei întreprinderi este faptul că puterea consumată de pe barele centralei precum și importanța consumatorilor diferă în regim de vară și în regim de iarnă. Reviziile grupurilor sînt planificate în exclusivitate vara astfel încît, în regim de iarnă, centrala să dispună de întreaga putere instalată.

În regim de iarnă, consumatorii de importanță deosebită sînt serviciile interne ale CET și cei grupați pe stația nr. 3, urmînd în ordinea importanței cei grupați pe stațiile nr. 4 și nr. 2.

În regim de vară, atît puterea furnizată de centrală (datorită reviziilor) cît și puterea consumată în stația nr. 3 se reduc. Consumatorii cei mai importanți devin serviciile interne ale CET și stația nr. 4, urmînd în ordinea importanței cei din stațiile nr. 4 și nr. 2.

Schema stației de 6 kV a centralei permite ca prin manevre simple, în funcție de regimul de iarnă sau de vară, funcție de programul de revizii și reparații al centralei, să se poată menține pe una din cele două secții de bare un echilibru între puterea furnizată de CET și puterea consumată de pe bara respectivă.

Instalația de separare de sistem asigură insularizarea după cum urmează:

— după alegerea barei în echilibru se conectează la aceasta instalația de separare automată de sistem de către dispecerul energetic, funcție de regimul de lucru stabilit;

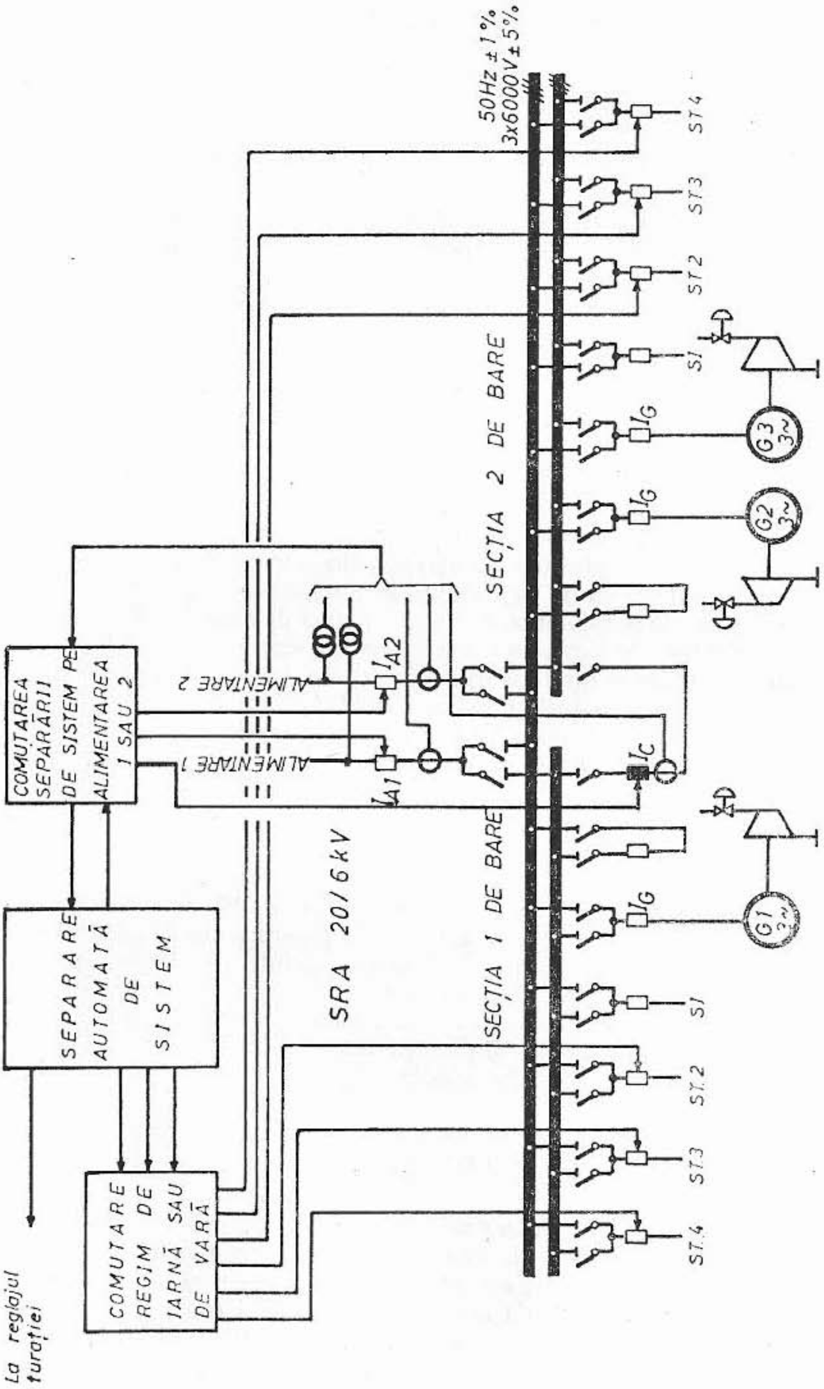
— la o avarie pe racordul de alimentare din sistem al barei în echilibru, acesta se separă automat și trece în regim insular, iar după aceea, cu ajutorul instalației de sincronizare automată, se racordează la alimentarea din sistem rămasă în funcțiune;

— în cazul căderii totale a sistemului energetic, bara în echilibru trece în regim insular iar, la restabilirea parametrilor normali pe racordul din sistem procesul are loc în sens invers.

Astfel, se asigură în orice situație insularizarea centralei împreună cu consumatorii foarte importanți precum și cu alți consumatori funcție de puterea disponibilă în centrală.

4.3. COMBINATUL DE FIBRE SINTETICE **CÎMPULUNG MUSCEL**

Alimentarea cu energie electrică a combinatului se face printr-o stație de racord adînc de 110/6 kV cu două alimentări distincte din sistemul energetic național.



50Hz ±1%
3x6000V±5%
ST 4
ST 3
ST 2
SI
I_G
G3 3~
G2 3~
G1 3~
SECȚIA 2 DE BARE
SECȚIA 1 DE BARE
COMUTAREA SEPARĂRII DE SISTEM PE ALIMENTAREA 1 SAU 2
ALIMENTARE 2
ALIMENTARE 1
I_{A2}
I_{A1}
I_C
SRA 20/6 kV
SEPARARE AUTOMATĂ DE SISTEM
COMUTARE REGIM DE IARNĂ SAU DE VARĂ
La reglajul turației
SI
ST.2
ST.3
ST.4

Fig. 4

Sistemul energetic uzinal se compune în principal din trei stații (Fig. 5) și anume:

— stația de 6kV SRA avînd sistem simplu de bare secționat prin cuplă longitudinală;

— stația de 6 kV CET cu două sisteme de bare colectoare din care unul este secționat prin cuplă longitudinală, stația fiind racordată la SRA prin doi fideri;

— o stație de 6 kV secundară avînd sistem simplu de bare secționat prin cuplă longitudinală și care se alimentează din SRA prin doi fideri.

CET este echipat cu un generator de 6 MW antrenat de o turbină cu contrapresiune și un generator de 7,2 MW antrenat de o turbină, cu condensație și priză.

Puterea maximă absorbită de consumatorii platformei este mai mare decît puterea debitată de centrala proprie. Puterea consumatorilor ce se insularizează pentru a asigura funcționarea principalilor consumatori tehnologici este de 8,5 MW.

Schema sistemului electroenergetic uzinal al C.F.S. Cîmpulung Muscel este apropiată de schema optimă prezentată.

Consumatorii care urmează să funcționeze în regim insular (consumatorii importanți și cei foarte importanți) se alimentează de pe secții diferite de bare față de consumatorii de importanță secundară.

Prima categorie se alimentează de pe secția 2 de bare din SRA și de pe secția 2 de bare a stației de 6 kV secundare. Pe barele stației de 6 kV CET sînt racordate numai serviciile proprii ale centralei. Consumatorii de importanță secundară se alimentează din secțiile 1 de bare ale SRA și ai stației de 6 kV secundare.

Pe partea de abur, situația este avantajoasă deoarece aproape tot aburul este consumat chiar de către consumatorii importanți și foarte importanți și practic, atît în regimul anterior insularizării cît și după insularizare, consumul de abur este relativ același. Este necesară o foarte mică reducere a consumului de abur după insularizare.

În momentul separării CET-ului de sistem, se va da comanda de deschidere a întreruptorului I_{A1}. În acest fel, generatoarele din CET vor debita numai pe consumatorii importanți și foarte importanți deoarece cuplele din SRA și stația de 6 kV secundară sînt blocate deschise atît înainte cît și după insularizare, iar cupla longitudinală din CET este închisă.

În situația în care unul din turbogeneratoare nu este în funcțiune, este necesară deconectarea unei părți din consumatori pentru stabilirea echilibrului între puterea cerută și puterea disponibilă în CET.

CONCLUZII

Din analiza situației optime precum și a cazurilor concrete, rezultă, în primul rînd, necesitatea ca dispozitivele de separare de sistem să fie capabile de timpi de răspuns foarte scurți, condiție esențială pentru menținerea regimului de funcționare normal în insulă după separare. Cazul centralelor existente la care se montează asemenea instalații a reliefat dificultățile legatede realizarea unor scheme de distribuție a energiei care trebuie să îndeplinească simultan

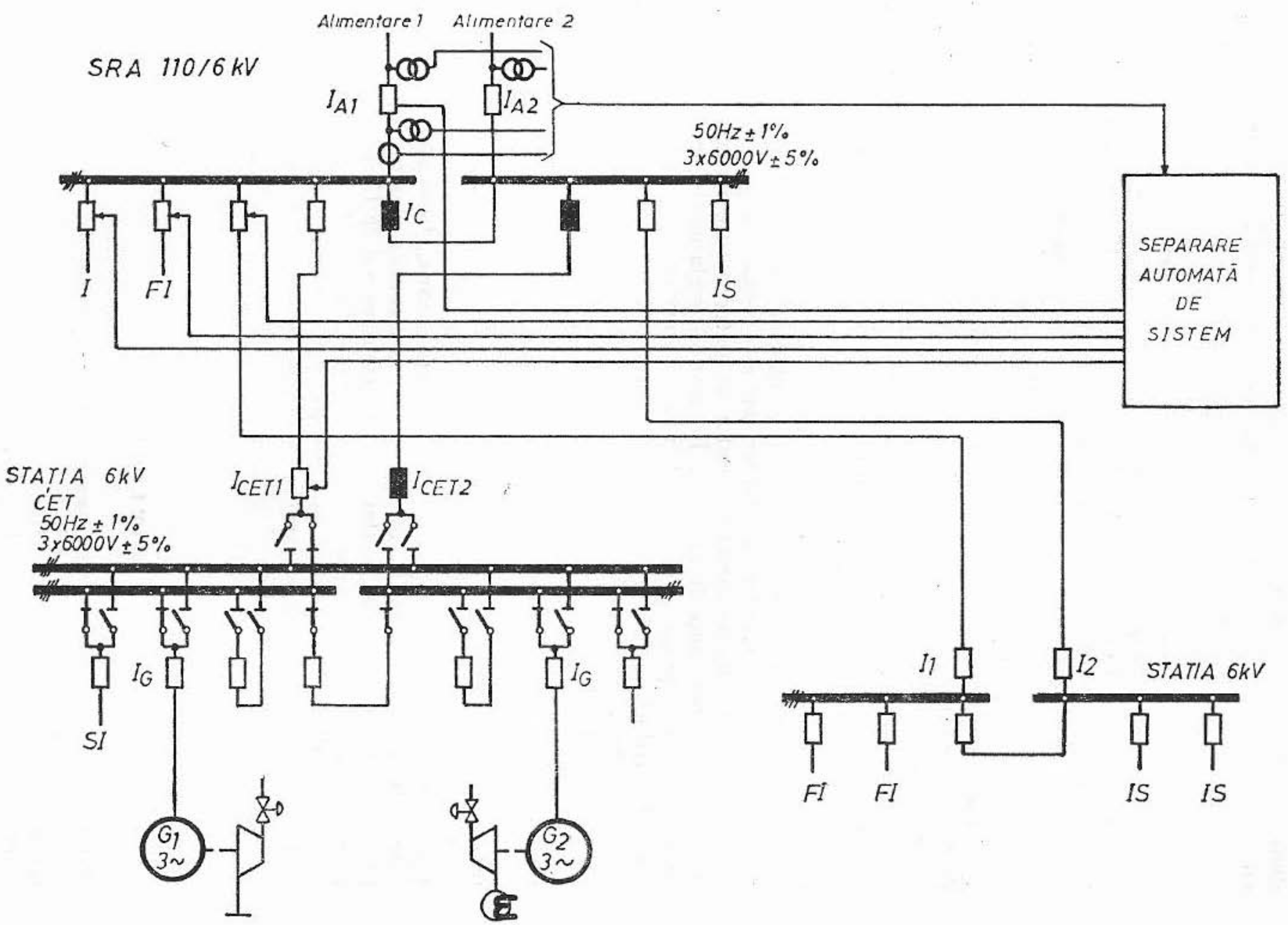

Alimentare 1
Alimentare 2
SRA 110/6 kV
I_{A1}
I_{A2}
50Hz ± 1%
3x6000V ± 5%
I_C
I
FI
IS
SEPARARE
AUTOMATĂ
DE
SISTEM
STATIA 6kV
CET
50Hz ± 1%
3x6000V ± 5%
I_{CET1}
I_{CET2}
I_G
I_G
SI
G_1
3~
G_2
3~
I_1
I_2
STATIA 6kV
FI
FI
IS
IS

Fig. 5

două condiții aparent contradictorii și anume, o complexitate ce să permită elasticitatea necesară diferitelor regimuri de funcționare în timp ce separarea și delestarea sarcinii trebuie să fie posibile prin acționarea unui număr minim de întreruptoare.

Grupele de consumatori, alcătuite conform importanței consecințelor la întrerupere, necesare pentru menținerea echilibrului în insulă atît pe partea de energie electrică cît și pe partea de abur trebuie să fie în număr cît mai redus și cu puteri și debite astfel alese încît regimul tranzitoriu de funcționare a grupurilor turbogeneratoare în insulă să fie redus la minimum.

Din cele expuse rezultă clar că șansele de insularizare scad direct proporțional cu creșterea diferenței între puterile produse de generatoare și consumul din insulă în momentul imediat următor separării. De aici, rezultă importanța deosebită pe care exploatarea o are în crearea condițiilor celor mai favorabile de insularizare.

Caracterul aleatoriu al sarcinilor electrice și termice datorat fluctuațiilor inerente proceselor tehnologice, chiar cînd acestea sînt continue, se accentuează în cazul întreprinderilor mari care au în componență o multitudine de secții de fabricație cu programe și capacități de producție variabile în timp.

Chiar în cazul schemelor optime, și cu atît mai mult în celelalte situații, pentru a avea șanse maxime de insularizare este necesar ca prin întreruptorul de separare a insulei de sistem circulația de putere să fie aproximativ nulă, de ordinul a cîtorva sute de kilowați. În acest fel, reglarea grupurilor turbogeneratoare se realizează în momentul imediat următor separării prin dispozitivele proprii ale acestora, regimul tranzitoriu are durată minimă și nu va fi necesară delestarea sarcinii.

Este evident că prin proiectare se pot realiza numai condițiile fizice necesare echilibrării puterii pe bara ce se va insulariza. Numai colectivul de exploatare, bine instruit și pregătit în acest scop, cu o cunoaștere exactă a situației energetice de moment și de perspectivă pentru perioada imediat următoare poate lua măsurile de echilibrare a puterilor produse și consumate în centrală, de menținere a acestui echilibru în timp precum și de programare corectă a procesului de insularizare care eventual ar putea apărea. Acest mod de exploatare va permite ca la apariția evenimentelor care conduc inevitabil la întreruperea alimentării, deci la insularizare, sistemul uzinal să fie pregătit corect pentru a trece în regim insular cu șanse maxime. Indiferent de gradul de automatizare realizat, de perfecțiunea dispozitivelor de separare sau a echipamentelor centralei, insularizarea rămîne o acțiune conștientă a personalului de exploatare, pregătită din timp și adaptată la fiecare regim nou de funcționare normală a sistemului uzinal.

BIBLIOGRAFIE

[1] PETER MAGAINA — *Dispositif automatique de séparation du réseau pour centrales industrielles.* Revue Brown Boveri, 1, 1974, p. 28—35.

[2] PRESCRIPȚIE M.E.E. 1978 — *Instrucțiuni privind insularizarea centralelor electrice de pe platforme industriale,* elaborate de I.S.P.E.

[3] ALBERT, H., FLOREA, I., și IORDĂNESCU, I. — *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale*. Editura Tehnică, 1978.
[4] BROWN BOVERI — *Static System Decoupling Device-IPX-3*, CH-ES 63-15 E.
[5] ACHERMAN, M. și MATEI, C. — *Scheme de alimentare cu energie electrică a consumatorilor preferențiali*. Referat la simpozionul Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice, București, 1977.
[6] ALBERT, H. și ALȚII — *Rolul și concepția insularizării centralelor electrice de termoficare de pe platformele industriale*. Referat la simpozionul Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice, București, 1977.
[7] ROȘU, C., SUCEVEANU, I. D., ȘUȚA, E. și SMILOVICI, M. — *Insularizarea centralelor electrice de termoficare de pe platformele industriei chimice în cazul avariilor extinse în sistem*. Referat la Simpozionul I.I.T.P.I.C., București, 1979.
[8] SUCEVEANU, I. D. — *Separarea automată de SEN a sistemelor uzinale cu CET propriu din industria chimică*. Revista Energetica, 31, nr. 7—8, București, 1983, p. 310—317.
[9] SUCEVEANU, I. D. — *Instalații de separare automată de sistem, în vederea funcționării insulare a centralelor electrice uzinale*. Comunicare la Simpozionul I.I.T.P.I.C. — „O nouă calitate în activitatea de inginerie tehnologică și proiectare din industria chimică", Iași, 14—15 oct., 1983.

XI. DESCRIEREA SCHEMELOR DE CIRCUITE SECUNDARE PENTRU CELULE DE MEDIE TENSIUNE UTILIZATE ÎN INDUSTRIA CHIMICĂ

ING. EMILIAN ŞUŢA, ING. VASILE ANDRIEŞ,
ING. IOAN DÉSIRÉ SUCEVEANU
I.I.T.P.I.C. — BUCUREŞTI

1. CELULA DE ALIMENTARE A STAŢIEI

- VARIANTA CU PROTECŢIE COMPARATIVĂ FIDER şi COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-AD-01
- VARIANTA CU PROTECŢIE COMPARATIVĂ FIDER şi COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-AD-02
- VARIANTA CU PROTECŢIE DIFERENŢIALĂ LONGITUDINALĂ FIDER şi COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-AD-03
- VARIANTA CU PROTECŢIE DIFERENŢIALĂ LONGITUDINALĂ FIDER şi COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-AD-04

1.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura curentului, a energiei active şi reactive se realizează cu ajutorul ampermetrului g 101, a contorului de energie activă g 501 şi reactivă g 601, racordate la înfăşurarea secundară a transformatoarelor de curent f 101 şi f 103. Bobinele de tensiune ale contoarelor se alimentează de la baretele de tensiune formate în celula de măsură a secţiei respective de bare de 6...20 kV.

Pentru măsura curentului pe cele trei faze a fost prevăzut comutatorul ampermetric b 201.

1.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanşare şi declanşare a întreruptorului de 6...20 KV se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în planurile nr. 242-AD-01,-03, respectiv cu butoanele de comandă b 011 şi b 021 în planurile nr. 242-AD-02,-04 (circuitele 08, 10, 16).

În scheme, este prevăzută şi posibilitatea comenzii de la distanţă (circuitele 09 şi 15).

Pentru comandă, au fost prevăzute două circuite distincte, unul protejat cu siguranţele e 101, e 102 iar celălalt cu siguranţele e 101 A şi e 102 A. Întreruptorul este prevăzut cu două bobine de declanşare racordate fiecare pe circuite distincte. În paralel cu aceste bobine, sînt prevăzute diode pentru eliminarea supratensiunilor de comutaţie pe contacte şi bobine.

Supravegherea circuitelor de anclanşare şi declanşare este realizată cu relee intermediare şi anume d 101 pentru bobina de anclanşare (circuitul 11) şi d 102 şi d 102 A (circuitele 12 şi 17) pentru bobinele de declanşare. Întreruperea circuitelor de comandă atît pe poziţia „introdus" cît şi pe poziţia „extras" conduce la semnalizarea preventivă (circuitele 43 şi 44) la panoul de semnalizări centrale PSC.

Poziţia „introdus" a căruciorului este aceea în care tulipele întreruptorului debroşabil sînt complet introduse în broşele de pe partea fixă a celulei. În această poziţie, circuitul primar este făcut, limitatorul de cursă 1 b_0 (circuitul 31) va avea contactul 2—4 închis, iar limitatorul de cursă 2 b_0 (circuitul 32) va avea contactul 1—3 deschis.

Poziţia „extras" a căruciorului este aceea în care tulipele întreruptorului debroşabil sînt extrase din broşele de pe partea fixă a celulei. În această situaţie, întreruptorul se poate afla pe poziţia de probă, pe o poziţie intermediară în celulă sau chiar scos afară din celulă, circuitul primar este întrerupt, limitatorul de cursă 2 b_0 (circuitul 32) va avea contactul 1—3 închis, iar limitatorul de cursă 1 b_0 (circuitul 31) va avea contactul 2—4 deschis.

Se constată faptul că la operaţia de extragere a căruciorului de pe poziţia „introdus", la început se deschide contactul 2—4 al limitatorului 1 b_0 iar apoi se închide contactul 1—3 al limitatorului 2 b_0, existînd un timp foarte scurt în care ambele limitatoare au contactele respective deschise.

Au fost adoptate cele două poziţii „introdus" şi „extras" definite anterior şi s-au montat limitatoarele de cursă 1 b_0 şi 2 b_0 din următoarele motive:

— circuitul primar făcut înseamnă întreruptor anclanşat pe poziţia „introdus" (bobina releului d 103 din circuitul 29 sub tensiune);

— circuit primar întrerupt înseamnă întreruptor declanşat sau pe poziţia „extras" (bobina releului d 104 din circuitul 30 sub tensiune).

Anclanşarea pe poziţia „introdus" a întreruptorului se face numai manual, în următoarele condiţii:

— dacă protecţia nu a lucrat (contactul 3—4 al releului d 107 din circuitul 08);

— întreruptorul din amonte este anclanşat;

— unul din întreruptoarele din celula de cuplă sau alimentare de pe cealaltă secţie de bare este declanşat. Această condiţie este anulată dacă cheia de autorizare din celula de cuplă este pe una din poziţiile care autorizează punerea în paralel de scurtă durată a celor două secţii de bare.

Anclanşarea manuală pe poziţia extras se face de pe celulă fără nici o condiţie.

Declanşarea se poate face astfel:

— fără nici o condiţie prin cheia b 041 (circuitul 16) de pe celulă (comandă manuală);

— prin comandă de la distanţă (circuitul 15) numai dacă întreruptorul este pe poziţia „introdus" (comandă manuală);

— prin protecție, fără nici o condiție (comandă automată);
— după o punere în paralel a celor două secții de bare, dacă alimentarea respectivă a fost preselectată prin cheia bpd (circuitul 14) să declanșeze.

Se menționează faptul că circuitul de anclanșare este asigurat prin siguranțele e 101, e 102 iar declanșarea este asigurată prin siguranțele e 101, e 102 pentru bobina d 121 și siguranțele e 101 A, e 102 A pentru bobina d 122.

1.3. CIRCUITE DE PROTECȚIE

În celula de alimentare sînt prevăzute următoarele protecții:

1.3.1. Protecția comparativă a secției respective de bare (circuitul 24).

Protecția lucrează în următoarele condiții:

— releele e 201 sau e 202 (circuitul 02) au lucrat;
— bareta Q(Z)BBR nu a fost pusă sub tensiune, respectiv nu a demarat nici una din protecțiile celorlalte celule de pe secția respectivă de bare;
— întreruptorul de cuplă declanșat sau, în cazul în care este anclanșat, să nu fi demarat nici una din protecțiile celulelor de pe cealaltă secție de bare sau protecția maximală din celula de cuplă.

1.3.2. Protecția la arc deschis care lucrează în cazul unui:

— arc deschis în compartimentele de bare și întreruptoare ale celorlalte celule de pe secția respectivă de bare (limitatoarele de cursă 1 bad, 2 bad din circuitul 40);
— arc deschis în compartimentul de bare al propriei celule;
— arc deschis în celula de cuplă cu întreruptor, compartiment de bare și întreruptor, dacă se află pe secția respectivă de bare;
— arc deschis în celula de cuplă cu separator, toate compartimentele, plus compartimentul de cabluri din celula cu întreruptor dacă celula cu separator se află pe secția respectivă de bare.

În cazul unui arc deschis în compartimentul întreruptorului cuplei, se dă impuls de declanșare la întreruptoarele ambelor alimentări.

1.3.3. Declanșarea întreruptorului prin declanșarea întreruptorului din amonte (circuitul 27).

1.3.4. Declanșarea de rezervă la refuzul de declanșare al celorlalte întreruptoare din stație (circuitul 26), de pe aceeași secție de bare. Comanda de declanșare este temporizată, temporizarea fiind egală cu aceea a protecției maximale de curent de pe fiderul de alimentare.

Circuitele de protecție sînt alimentate din cele două grupuri de siguranțe e 101, e 102 și e 101 A, e 102 A prin intermediul grupurilor de diode D 101, D 102 și D 101 A, D 102 A (circuitul 18). Diodele permit rămînerea sub tensiune, fără trecerea prin zero, a circuitelor de protecție la arderea unei siguranțe sau întreruperea unui circuit de comandă.

Releul de culegere a protecției d 107 (circuitul 25) este prevăzut cu autoreținere, a cărei anulare se face manual, după ce personalul de exploatare ia cunoștință de defect și previne efectuarea unei manevre greșite.

1.3.5. Sesizarea punerilor la pămînt pe cablurile de alimentare ale stației se realizează cu ajutorul aparatului ISP montat în celula de măsură.

1.3.6. Blocarea protecției comparative a fiderului de alimentare (releele e 203 și e 204 din circuitele 03 și 21) în planurile nr. 242-AD-01, -02.

1.3.7. Protecția diferențială longitudinală a fiderului de alimentare (releul e 203, din circuitele 03 și 28 a), care conduce la declanșarea netemporizată a întreruptorului în cazul unui scurtcircuit pe fider, în planurile nr. 242-AD-03, -04.

1.4. CIRCUITE AAR

Circuitele AAR din celula de alimentare sînt următoarele:

— blocarea AAR la scurtcircuite pe bare sau în aval (releul d 202, circuitul 20);

— blocarea AAR rapidă la posturile trafo sau stațiile din aval în situația în care AAR-ul din stația respectivă a demarat (releele d 204, d 110, circuitele 35 și 36);

— semnalizare AAR ineficace pe secția respectivă de bare (releul d 109, circuitele 33 și 34);

— declanșarea temporizată a întreruptorului alimentării prin releul d 203 (circuitele 34 și 23).

1.5. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Circuitele de semnalizare sînt următoarele:

— Semnalizarea optică a poziției întreruptorului prin cheia cu lampă inclusă b 041 (circuitul 41) de pe celulă, în planurile nr. 242-AD-01, -03. La neconcordanța poziției cheii cu cea a întreruptorului, lampa pîlpîie.

— Semnalizarea de avarie la declanșarea prin protecție a întreruptorului; semnalizarea respectivă este colectivă, prin bareta Q(Z)BSA trimițîndu-se un impuls la PSC, unde este prevăzută semnalizarea acustică. Detectarea elementului defect se realizează prin lampa inclusă în cheia de comandă de pe celulă, care începe să pîlpîie, în planurile nr. 242-AD-01, -03 și prin lampa h 104 (circuitul 41) care se aprinde, în planurile nr. 242-AD-02, -04.

— Semnalizarea preventivă a întreruperii circuitelor de comandă, realizată prin intermediul releelor care controlează circuitele bobinelor de anclanșare și declanșare (d 101, d 102, d 102 A, circuitele 11, 12, 17); semnalizarea este colectivă prin bareta Q(Z)BSP, care trimite un impuls temporizat la PSC (circuitele 43 și 44).

Temporizarea este necesară deoarece în momentul extragerii și introducerii ăruciorului, precum și la anclanșarea și declanșarea întreruptorului, există un timp în care releele d 101, d 102 și d 102 A sînt dezexcitate.

Detectarea celulei în care există întreruperea de circuit se face prin lampa inclusă în cheia b 041, în planurile nr. 242-AD-01, -03 și prin lampa h 103 în planurile nr. 242-AD-02, -04.

La verificarea lămpilor respective prin alimentarea baretelor Q(Z)BS, respectiv Q(Z)BIL, se va constata că lampa dintr-o anumită celulă este stinsă. Celula respectivă prezintă întreruperi în circuitele de comandă.

— Semnalizarea „AAR ineficace" pe secția respectivă de bare (circuitul 42).

— Semnalizarea prin intermediul releelor de semnalizare de pe celulă, a funcționării fiecărui tip de protecție în parte.

— Semnalizarea „clapetă neridicată" prin bareta Q(Z)BCN (circuitul 45). Bareta respectivă dă impuls la PSC.

1.6. CELULA DE ALIMENTARE A STAȚIEI CET

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-AID-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-AID-02

În principiu, schemele respective sînt similare cu schemele aferente celulei de alimentare a stației, prevăzută cu protecție diferențială longitudinală (planurile nr. 242-AD-03, -04), principala deosebire fiind aceea că în planurile 242-AID-01,-02 nu mai este prevăzută protecția comparativă pentru secțiile de bare, menționată la capitolul 1.3.1.

2. CELULA DE CUPLĂ LONGITUDINALĂ

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-CD-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-CD-02

Celula de cuplă este formată din două celule:

— celula A, echipată cu întreruptor;

— celula B, echipată cu separator.

2.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Este prevăzută numai măsura curentului cu ampermetrul g 101. Cu ajutorul comutatorului ampermetric b 201 se poate măsura curentul pe oricare din cele trei faze.

2.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanșare și declanșare a întreruptorului de 6...20 kV se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în planul nr. 242-CD-01, respectiv cu butoanele de comandă b 011 și b 021 în planul nr. 242-CD-02 (circuitele 10 și 16). În schemă este prevăzută și posibilitatea comenzii la distanță (circuitele 09 și 17).

Pentru asigurarea prin siguranțe a circuitelor de comandă, supravegherea circuitelor de anclanșare și declanșare, definirea pozițiilor „introdus" și „extras" ale căruciorului cu întreruptor, vezi capitolul 1.2.

Anclanşarea manuală pe poziţia „introdus" a întreruptorului se face dacă sînt îndeplinite simultan următoarele condiţii:

a) protecţia nu a lucrat (contactul 3—4 al releului d 107 din circuitul 05);

b) unul din cele două întreruptoare din celulele de alimentare este declanşat (circuitele 06 şi 07);

c) există tensiune pe bara pe care întreruptorul celulei de alimentare este anclanşat;

d) dacă în ultimele 5 secunde dinaintea anclanşării întreruptorului de cuplă, nu demarase protecţia comparativă bare, pe secţia de bare pentru care întreruptorul de alimentare este declanşat.

În aceste condiţi, prin cheia de comandă b 041, respectiv prin butonul b 011 se poate efectua anclanşarea.

Un caz particular de anclanşare manuală a cuplei îl reprezintă acela cînd, prin cheia de autorizare bpd (circuitul 34) se permite anclanşarea cuplei cu îndeplinirea numai a condiţiei de la punctul a), folosind pentru comanda de anclanşare tot cheia b 041, respectiv butonul b 011.

Anclanşarea automată pe poziţia „introdus" a întreruptorului de cuplă (prin AAR) se face dacă sînt îndeplinite simultan condiţiile de la punctele a), b), c) şi d) la care se adaugă următoarele condiţii:

— în ultimele 5 secunde dinaintea anclanşării prin AAR a cuplei, schema staţiei era în condiţii normale de funcţionare, respectiv cu cele două întreruptoare de alimentare anclanşate şi cu tensiunea prezentă pe ambele secţii de bare (contactul 6—7 al releului d 202, (circuitul 10);

— diferenţa de tensiune a fazelor omoloage „r" ale celor două secţii de bare este mai mică de 1,20 U_n (releele e 301, e 302 din circuitul 03 şi releul d 110 din circuitele 11 şi 40).

În cazul în care întreruptorul din celula de alimentare de pe secţia de bare fără tensiune nu este declanşat, acesta va fi declanşat prin AAR (circuitul 06, releul d 112).

Anclanşarea manuală pe poziţia „extras" se face fără nici o condiţie.

Declanşarea se poate face astfel:

— direct, fără condiţii, prin cheia b 041, respectiv butonul b 021 (circuitul 16) de pe celulă (comandă manuală);

— prin comandă de la distanţă (circuitul 17), numai dacă întreruptorul este pe poziţia „introdus" (comandă manuală);

— prin protecţie, fără nici o condiţie (comandă automată, circuitele 05, 15);

— după o punere în paralel a celor două secţii de bare, dacă cupla a fost preselectată prin cheia bpd (circuitul 18) să declanşeze.

2.3. CIRCUITE DE PROTECŢIE

2.3.1. Protecţia maximală de curent realizată cu releele e 201 şi e 202 (circuitul 02) este temporizată prin releul d 203 (circuitul 23), valoarea temporizării fiind funcţie de timpul de lucru al protecţiilor maximale de curent din aval.

Curentul de pornire al protecției are valoarea:

$$I_{pr}=\frac{k_{sig}}{k_{rev}}\cdot I_{sarc\ max}$$

în care:

$I_{sarc\ max}$ este curentul de sarcină maxim al secției respective;
k_{rev} — coeficientul de revenire $k_{rev}=0,85$;
k_{sig} — coeficientul de siguranță $k_{sig}=1,2 \div 1,4$.

2.3.2. Protecția comparativă de bare realizată cu releul d 201 (circuitul 22) este blocată în cazul în care bareta Q(Z)BBR de pe una sau ambele secții de bare primește tensiune (defectul în acest caz, fiind în aval de stație). Temporizarea protecției va fi de 0,4 secunde.

2.3.3. Declanșarea de rezervă pentru celelalte întreruptoare din stație (circuitele 27 și 29) de pe ambele secții de bare este temporizată, timpul de reglaj fiind mai mic decît timpul protecției similare din celula de alimentare. În acest scop, se folosește un contact pasager al aceluiași releu d 205 (circuitele 27 și 29) din celula de alimentare. Se realizează astfel o funcționare selectivă a acestui tip de protecție. Contactele pasagere ale releelor d 205 din celulele de alimentare vor avea aceeași temporizare cu protecția maximală de curent temporizată (releul d 203 din circuitul 23).

2.3.4. Protecția la arc deschis comandă declanșarea cuplei în același timp cu declanșarea alimentării pe care funcționează în acel moment stația. Compartimentele din celule, pentru care lucrează protecția la arc deschis, sînt descrise la punctul 1.3.2.

2.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Aceste circuite sînt similare cu cele descrise la capitolul 1.5.

2.5. ALIMENTAREA BARETELOR DE COMANDĂ ȘI SEMNALIZARE ÎN CELULA DE CUPLĂ LONGITUDINALĂ CU SEPARATOR

- VARIANTA CU UN RELEU DE PÎLPÎIRE — PLAN NR. 242-CSD-01
- VARIANTA FĂRĂ RELEU DE PÎLPÎIRE — PLAN NR. 242-CSD-02
- VARIANTA CU DOUĂ RELEE DE PÎLPÎIRE — PLAN NR. 242-CSD-03
- VARIANTA FĂRĂ BARETĂ DE PÎLPÎIRE ȘI BARETE DE SEMNALIZARE UNICE PENTRU ÎNTREAGA STAȚIE — PLAN NR. 242-CSD-04
- VARIANTA FĂRĂ BARETĂ DE PÎLPÎIRE ȘI BARETE DE SEMNALIZARE SEPARATE PENTRU CELE DOUĂ SECȚII DE BARE — PLAN NR. 242-CSD-05

Alimentarea baretelor de comandă și semnalizare se face în celula de cuplă cu separator (celula B) după cum urmează:

— Baretele ±ZBC au dublă alimentare din tabloul de curent continuu. Diodele D 11, D 12 montate pe o alimentare și D 21, D 22, montate pe cealaltă

alimentare, permit funcționarea în paralel a celor două alimentări. La un scurtcircuit pe o alimentare, cealaltă alimentare nu debitează curent pe scurtcircuit datorită diodelor și continuă să alimenteze consumatorii de curent continuu, fără să apară un gol de tensiune. La defectarea diodelor, acestea pot fi șuntate pînă la înlocuirea lor, dar cele două alimentări ale baretelor nu mai pot funcționa în paralel.

— Baretele ± ZBS sînt unice pentru întreaga stație în planurile nr. 242-CSD-01,-02, -04 și separate pentru cele două secții de bare în planurile nr. 242-CSD-03, -05. Alimentarea lor se face din tabloul de curent continuu, bareta — ZBS fiind alimentată permanent, iar bareta +ZBS numai atunci cînd este necesar, prin închiderea contactelor comutatorului bs.

— Bareta ZBPL se alimentează dintr-un releu de pîlpîire și este unică pentru întreaga stație în planurile nr. 242-CSD-01,-02 și separată pentru cele două secții de bare în planul nr. 242-CSD-03. Releul de pîlpîire este montat în celula de cuplă separator în planurile nr. 242-CSD-01, -03, el urmînd a se monta în tabloul de curent continuu în cazul utilizării planului nr. 242-CSD-02. Releul de pîlpîire este racordat permanent la polul negativ și numai atunci cînd este necesar, este racordat la polul pozitiv prin intermediul unui alt contact al comutatorului bs.

Variantele cu baretă de pîlpîire din planurile nr. 242-CSD-01,-02,-03, se vor utiliza în cazul în care comanda întreruptoarelor din stație se face prin cheie de comandă cu lampă inclusă, iar variantele fără baretă de pîlpîire din planurile nr. 242-CSD-04,-05, în cazul în care comanda respectivă se face prin butoane de comandă.

— Baretele ZBAm-R, N de curent alternativ se alimentează din tabloul de joasă tensiune, ele fiind separate pentru cele două secții de bare. Se va avea în vedere ca alimentarea din tabloul de joasă tensiune să se facă de pe secția corespondentă secției de bare a stației de 6...20 kV.

2.6. CELULA DE CUPLĂ LONGITUDINALĂ — STAȚIE CET

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-CCD-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-CCD-02

În principiu, schemele respective sînt similare cu schemele 242-CD-01,-02 descrise anterior, principala deosebire fiind aceea că în planurile 242-CCD-01, -02 nu mai este prevăzută protecția comparativă de bare, menționată la capitolul 2.3.2.

3. CELULA DE MĂSURĂ

- VARIANTA CU PROTECȚIE DE MINIMĂ TENSIUNE ÎNTR-O TREAPTĂ — PLAN NR. 242-mD-01
- VARIANTA CU PROTECȚIE DE MINIMĂ TENSIUNE ÎN DOUĂ TREPTE PENTRU MOTOARE SINCRONE ȘI ASINCRONE — PLAN NR. 242-mD-02

- VARIANTA CU PROTECŢIE DE MINIMĂ TENSIUNE ÎN DOUĂ TREPTE PENTRU MOTOARE ASINCRONE — PLAN NR. 242-mD-03
- VARIANTA CU PROTECŢIE DE MINIMĂ TENSIUNE ÎN TREI TREPTE — PLAN NR. 242-mD-04

3.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura tensiunii este prevăzută cu voltmetrele g 201, g 202, g 203. Cu ajutorul comutatorului voltmetric b 601 se poate măsura tensiunea între faze sau tensiunea între faze şi pămînt (circuitul 13).

Baretele de tensiune pentru măsură sînt alimentate de la secundarul în stea al transformatorului de tensiune, în circuit fiind prevăzut pentru protecţie întreruptorul automat b 901 (circuitul 11).

3.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Circuitele de comandă sînt asigurate prin siguranţele e 101 şi e 102 (circuitul 16) şi folosesc pentru:

— realizarea baretei de minimă tensiune pentru protecţia motoarelor asincrone Q(Z)1BMT în planurile nr. 242-mD-01, 02, -03, -04 (circuitul 20) şi Q(Z)2BMT în planurile nr. 242-mD-03, -04 (circuitul 22);

— realizarea baretei de minimă tensiune pentru protecţia motoarelor sincrone Q(Z)2BMT în planul nr. 242-mD-02 (circuitul 22) şi Q(Z)3BMT în planul nr. 242-mD-04 (circuitul 23);

— realizarea circuitelor necesare introducerii condiţiilor de „prezenţă tensiune“ şi „lipsă tensiune“ în schemele celulelor de alimentare şi cuplă (circuitele 33, 34 şi 35).

3.3. CIRCUITE DE PROTECŢIE

3.3.1. Protecţia de minimă tensiune este realizată astfel:

— motoarele asincrone prevăzute cu autopornire după goluri de tensiune sînt declanşate temporizat la scăderea tensiunii sub 0,65 U_n, prin releul d 201 (circuit 17) şi bareta Q(Z)1BMT (circuitul 20) în planurile nr. 242-mD-01, -02, -03, -04;

— motoarele asincrone care nu trebuie autopornite după goluri de tensiune, sînt declanşate cu o temporizare de 0,4 s la scăderea tensiunii sub 0,65 U_n, prin releul d 202 (circuitele 17, 18) şi bareta Q(Z)2BMT (circuitele 21 şi 22) în planurile nr. 242-mD-03, -04;

— motoarele sincrone sînt declanşate cu o temporizare de 0,4 s, la scăderea tensiunii sub 0,65 U_n, prin releul d 202 (circuitul 17) şi bareta Q(Z)2BMT în planul nr. 242-mD-02 (circuitul 22), respectiv bareta Q(Z)3BMT în planul nr. 242-mD-04 (circuitul 23);

— motoarele sincrone sînt declanşate instantaneu la scăderea tensiunii sub 0,40 U_n, prin releul d 109 (circuitul 18) şi bareta Q(Z)2BMT în planul

nr. 242-mD-02 (circuitul 22), respectiv bareta Q(Z) 3 BMT în planul nr. 242-mD-04 (circuitul 23).

În celulă este montat indicatorul pentru sesizarea selectivă a punerilor la pămînt tip ISP (simbol U 303, circuitele 1-10) pentru secția respectivă de bare.

3.3.2. Prezența tensiunii, necesară pentru instalația AAR și blocarea comenzilor este sesizată prin releul e 305 (circuitele 14 și 19) reglat la 0,95 U_n.

3.3.3. Punerile la pămînt în rețeaua legată galvanic la secția de bare deservită de celula respectivă de măsură sînt sesizate prin releul e 301 montat pe secundarul în triunghi deschis al transformatorului de tensiune care se poate regla între 15÷30 V (U_r=0,15 U_n, circuitul 12).

Punerea la pămînt este semnalizată centralizat la PSC.

3.3.4. Tensiunea de secvență inversă este sesizată prin releul e 307 (circuitul 15), reglat la 0,1 U_n, care duce la semnalizare la PSC.

3.3.5. Declanșarea întreruptorului b 901 de alimentare a circuitelor de tensiune 100 V c.a. este semnalizată la PSC (circuitele 11 și 29).

3.3.6. Limitatoarele de cursă aferente protecției la arc deschis, montate în compartimentul de bare, duc la declanșarea întreruptoarelor de alimentare de pe aceeași secție de bare și cuplă.

3.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Pe celulă este semnalizată optic numai integritatea circuitelor de comandă prin lampa h 102 (circuitul 25). Restul semnalizărilor merg centralizat la PSC astfel:

- întrerupere circuit comandă Q(Z)BSP (circuitul 26);
- punere la pămînt (circuitul 27);
- tensiune de secvență inversă (circuitul 28);
- întreruptor b 901 declanșat (circuitul 29);
- clapetă neridicată prin bareta Q(Z)BCN (circuitul 31).

4. CELULA DE LINIE

- VARIANTA CU PROTECȚIE COMPARATIVĂ FIDER ȘI COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-LD-01
- VARIANTA CU PROTECȚIE COMPARATIVĂ FIDER ȘI COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-LD-02
- VARIANTA CU PROTECȚIE DIFERENȚIALĂ LONGITUDINALĂ ȘI COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-LD-03
- VARIANTA CU PROTECȚIE DIFERENȚIALĂ LONGITUDINALĂ ȘI COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-LD-04

4.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura curentului, a energiei active și reactive se realizează cu ajutorul ampermetrului g 101, a contorului de energie activă g 501 și reactivă g 601 racordate la înfășurarea secundară a transformatoarelor de curent f 101 și f 103.

Bobinele de tensiune ale contoarelor se alimentează de la baretele de tensiune formate în celula de măsură a secției respective de bare.

Pentru măsura curentului pe cele trei faze a fost prevăzut comutatorul ampermetric b 201 (circuitul 1).

4.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanşare şi declanşare a întreruptorului de 6...20 kV se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în planurile nr. 242-LD-01, -03, respectiv cu butoanele de comandă b 011 şi b 021 în planurile nr. 242-LD-02,-04 (circuitele 06, 07 şi 13).

În schemă este prevăzută şi posibilitatea comenzii de la distanţă (circuitele 08 şi 14).

Pentru asigurarea prin siguranţe a circuitelor de comandă, supravegherea circuitelor de anclanşare şi declanşare, definirea poziţiilor „introdus" şi „extras" ale căruciorului cu întreruptor, vezi capitolul 1.2.

Anclanşarea pe poziţia introdus a întreruptorului se face numai manual prin cheia b 041, respectiv butonul b 011, cu condiţia ca întreruptorul să nu fi fost declanşat anterior prin protecţie (contactul 3—4 al releului d 107, circuitul 09). Aceeaşi condiţie este suficientă şi pentru anclanşarea de la distanţă.

Anclanşarea manuală pe poziţia extras se face de pe celulă fără nici o condiţie.

Declanşarea poate fi făcută astfel:

— fără nici o condiţie, prin cheia b 041, respectiv butonul b 021 (circuitul 13) de pe celulă;

— prin comandă de la distanţă (circuitul 14) numai dacă întreruptorul este pe poziţia introdus (comandă manuală);

— prin protecţie, fără nici o condiţie (comandă automată).

Se menţionează faptul că circuitul de anclanşare este asigurat numai prin siguranţele e 101, e 102, iar declanşarea este asigurată prin siguranţele e 101, e 102 pentru bobina d 121 şi siguranţele e 101 A, e 102 A pentru bobina d 122.

4.3. CIRCUITE DE PROTECŢIE

În celula de linie sînt prevăzute următoarele protecţii:

4.3.1. Protecţia maximală de curent realizată prin releele e 201 şi e 202 (circuitele 02 şi 18).

Protecţia este temporizată prin releul d 201 (circuitul 18), valoarea temporizării fiind funcţie de timpul de lucru al protecţiilor maximale de curent din aval.

Curentul de pornire al protecţiei are valoarea:

$$I_{pr} = \frac{k_{sig}}{k_{rev}} \cdot I_{sarc\,max}$$

în care:

$I_{sarc\ max}$ este curentul de sarcină maxim al liniei respective;
k_{sig} — coeficientul de siguranţă; $k_{sig}=1,2\div1,4$
k_{rev} — coeficientul de revenire. $k_{rev}=0,85$

4.3.2. Protecţia comparativă a fiderului, realizată prin releele de curent e 201, e 202, releul de timp d 201 (contactul pasager 13—14 şi contactul instantaneu 3—4, din circuitul 26) şi releele e 203, e 204 montate la celălalt capăt al liniei (celula din aval) în planurile nr. 242-LD-01,-02. Temporizarea protecţiei realizate prin contactul pasager al releului d 201 este de 0,2 s.

4.3.3. Protecţia diferenţială longitudinală a fiderului, realizată prin releul e 203 (circuitele 02, 21) fabricaţie ICEMENERG, care duce la declanşare fără temporizare în planurile nr. 242-LD-03,-04.

4.3.4. Protecţia la arc deschis în compartimentul de cabluri al celulei, care duce la declanşare fără temporizare (limitatoarele 3 bad şi 4 bad, circuitele 22 şi 23).

4.3.5. Protecţia la arc deschis în compartimentul de cabluri şi cel de întreruptor al celulei din aval, care duce la declanşare fără temporizare (limitatoarele 3 bad, 4 bad din celula de linie şi 1 bad, 2 bad din celula din aval).

4.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Aceste circuite sînt similare cu cele descrise la capitolul 1.5, lipsind numai semnalizarea „AAR ineficace" pe secţia respectivă de bare. În plus, în planurile nr. 242-LD-01,-02 este trimis un impuls de semnalizare la PSC pentru întrerupere circuite protecţie comparativă fider (circuitul 38).

4.5. CELULA DE LINIE PENTRU INTERCONEXIUNE CU CET

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-LID-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-LID-02

Schemele respective sînt similare cu schemele aferente celulei de linie prevăzută cu protecţie diferenţială longitudinală de fider din planurile nr. 242-LD-03,-04.

5. CELULA DE TRANSFORMATOR

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-TD-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-TD-02

5.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura curentului, a energiei active şi reactive se realizează cu ajutorul aparatelor de măsură g 101, g 501 şi g 601 racordate la înfăşurarea secundară a transformatoarelor de curent f 101 şi f 103. Bobinele de tensiune ale contoarelor

g 501 și g 601 se alimentează de la baretele de tensiune formate în celula de măsură a stației. Pentru măsura curentului pe cele trei faze s-a prevăzut comutatorul ampermetric b 201.

5.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanșare și declanșare a întreruptorului se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în plan nr. 242-TD-01, respectiv cu butoanele de comandă b 011 și b 021 în plan nr. 242-TD-02 (circuitele 07, 08 și 14).

În schemă, este prevăzută și posibilitatea comenzii de la distanță (circuitele 08 și 13). Schema este prevăzută cu blocaj local realizat cu o cheie de blocaj instalată în cofretul amplasat lîngă transformator (circuitele 08 și 12).

În schemele de comandă, protecție și semnalizare se folosesc limitatoarele de cursă 1 b_0 și 2 b_0 pentru poziția „introdus" și „extras" a întreruptorului (circuitele 25 și 26), limitatoare care comandă releele d 105 și d 106 așa cum s-a arătat la capitolul 1.2.

Pentru comandă au fost prevăzute două circuite protejate cu siguranțe fuzibile deoarece întreruptoarele sînt prevăzute cu două bobine de declanșare d 121 și d 122. Ambele bobine sînt comandate de releul de culegere protecții d 107 iar bobina d 121 este acționată și de celelalte comenzi locale sau de la distanță.

Circuitele de comandă de anclanșare și declanșare sînt controlate de releele de supraveghere d 101, d 102 și d 102 A.

5.3. CIRCUITE DE PROTECȚIE

Conform normativului privind proiectarea instalațiilor de protecție prin relee și automatizare PE 501/77, transformatoarele trebuie prevăzute cu protecții prin relee împotriva următoarelor defecte sau regimuri anormale de funcționare:

a) scurtcircuite polifazate între înfășurări sau între bornele lor;

b) supracurenți prin înfășurări provocați de scurtcircuite exterioare;

c) scurtcircuite monofazate în rețelele cu neutrul legat direct la pămînt;

d) supracurenți prin înfășurări provocați de suprasarcini;

e) scăderea nivelului uleiului și degajări de gaze provocate de defecte în interiorul cuvei;

f) supratemperaturi.

5.3.1. Secționarea de curent (protecția maximală de curent netemporizată) se prevede pe partea alimentării la transformatoare cu puteri mai mici de 10 MVA. Această protecție se instalează de regulă pe două faze la înfășurările alimentate din rețele cu neutrul izolat sau compensat și pe trei faze la înfășurările alimentate din rețele cu neutrul legat direct la pămînt.

Protecția se realizează cu relee de curent de tip RC–2 (e 201 și e 202) avînd curentul de pornire:

$$I_{pr}=k_{sig}\cdot\frac{I_{sc\,0,4}}{n_{TC}} \text{ în care } k_{sig}=1,2$$

Pentru un transformator de 1 000 kVA, 6/0,4 kV cu $n_{TC}=\frac{150}{5}=30$

$$I_{sc\,0,4}=\frac{U}{\sqrt{3}\cdot\varepsilon_r\cdot\frac{U}{\sqrt{3}\cdot I_n}}=\frac{I_n}{\varepsilon_r}$$

ε_r este tensiunea de scurtcircuit a transformatorului. Dacă $\varepsilon_r=6\%$, atunci

$$I_n=\frac{1\,000}{\sqrt{3}\cdot 6}=96\text{ A} \quad \text{și} \quad I_{sc\,0,4}=\frac{96}{0,06}=1600\text{ A}$$

iar

$$I_{pr}=\frac{1\,600}{30}\cdot 1,2=64\text{ A}$$

5.3.2. Protecția maximală de curent temporizată se prevede pentru protecția transformatoarelor împotriva supracurenților provocați de scurtcircuite polifazate exterioare și se instalează pe partea alimentării. Această protecție constituie o protecție de rezervă a transformatorului la refuzul de funcționare a protecției de bază. Protecția se va realiza bifazat sau trifazat, funcție de modul de tratare a neutrului.

Protecția este realizată cu relee de curent tip RC — 2 (e 203 și e 204) și releu de timp RTpa—5 (d 201). Curentul de pornire se determină funcție de curentul de sarcină maxim $I_{sarc\,max}$ calculat în funcție de regimul de exploatare al transformatorului.

$$I_{pr}=\frac{k_{sig}}{k_{rev}}\cdot\frac{I_{sarc\,max}}{n_{TC}} \quad \text{în care } I_{sarc\,max}=\sum I_{ap} \quad \begin{matrix} k_{rev}=0,85 \\ k_{sig}=1,15 \end{matrix}$$

Temporizarea protecției maximale a întreruptorului transformatorului se alege astfel încît să se asigure selectivitatea de declanșare la scurtcircuit în raport cu întreruptoarele elementelor vecine (cupla pe barele 0,4 kV, întreruptoarele plecărilor de 0,4 kV.).

Reglajul releului de timp d 201 va fi:

$$t_r=t_{0,4}+\Delta t$$

în care:

$t_{0,4}$ este timpul de lichidare a defectului pe partea de 0,4 kV;

Δt — timpul necesar pentru dezexcitarea releelor e 203, e 204 și d 201 după lichidarea defectului pe partea de 0,4 kV;

$\Delta t-0,3$ secunde;

$t_{0,4}-0,1$ secunde; rezultă: $t_r=0,1+0,3=0,4$ secunde.

Se alege un releu de timp RTpa-5 cu gama de temporizare $0,1\div1,3$ secunde.

5.3.3. Protecția contra defectelor interne este constituită, pentru transformatoarele cu o putere mai mare de 1 000 kVA, dintr-o protecție de gaze. Aceasta trebuie să comande semnalizarea în cazul unor slabe degajări de gaze și al scăderii nivelului uleiului (circuitul 27 releu de gaze) și declanșarea întrerup-

torului transformatorului în cazul degajărilor intense de gaze (circuitul 20 releu de gaze treapta 2).

5.3.4. Protecţia homopolară este realizată cu un transformator de curent de secvenţă homopolară (f 401) care transmite semnal în cazul unei puneri la pămînt la aparatul ISP (indicator pentru semnalizarea punerilor la pămînt) montat în celula de măsură.

5.3.5. Elementele suplimentare adăugate în schema de protecţie sînt:

— diodele D 120, D 121 şi D 122 pentru eliminarea supratensiunilor de comutaţie pe contacte şi bobine;

— diodele D 101, D 101 A, D 102 şi D 102 A pentru asigurarea continuităţii alimentării circuitelor de protecţie;

— protecţia la arc deschis în compartimentul de cabluri (sesizat de limitatorii 3 bad şi 4 bad circuitul 21) cu comandă de declanşare la întreruptorul propriu;

— protecţia la arc deschis în compartimentul barelor (1 bad, 2 bad circuitul 28) care comandă declanşarea întreruptorului de alimentare a staţiei;

— bareta de blocare şi rezervare Q(Z)BBR care blochează protecţia rapidă a barelor (montată în celulele de alimentare şi cuplă) şi asigură rezervarea prin întreruptorul alimentării şi al cuplei la refuzul de declanşare prin protecţie a oricăruia din întreruptoarele staţiei.

Toate protecţiile care comandă declanşarea (secţionarea de curent, protecţia maximală temporizată, protecţia de gaze treapta II, protecţia la arc deschis) sînt culese de releul d 107 (circuitul 22) automenţinut, care comandă declanşarea întreruptorului şi blochează comanda anclanşării.

5.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Sînt prevăzute următoarele semnalizări:

— semnalizarea optică de poziţie prin cheia cu lampă inclusă b 041 (circuitul 29) în plan nr. 242-TD-01;

— semnalizarea de avarie care se face optic pe celulă, prin lampa cheii b 041 (circuitul 29) în plan nr. 242-TD-01, respectiv prin lampa h 104 (circuitul 29) în plan nr. 242-TD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSA;

— semnalizarea preventivă a întreruperii circuitelor de comandă care se face optic pe celulă prin lampa cheii b 041 (circuitul 29) în plan nr. 242-TD-01, respectiv prin lampa h 103 (circuitul 29) în plan nr. 242-TD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSP (circuitele 31 şi 32);

— semnalizarea prin intermediul releelor de semnalizare de pe celulă a fiecărui tip de protecţie;

— semnalizare „clapetă neridicată" la PSC prin bareta Q(Z)BCN (circuitul 33).

În ambele scheme sînt scoase la cleme contactele libere ale diferitelor relee în scopul asigurării altor semnalizări sau interblocări eventual necesare în fiecare caz în parte.

6. CELULA DE ALIMENTARE A BATERIEI DE CONDENSATOARE

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-BKD-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-BKD-02

6.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura curentului, a energiei și puterii reactive se realizează cu ajutorul aparatelor de măsură g 101, g 601, g 602 racordate la secundarul transformatoarelor de curent f 101, f 103. Bobinele de tensiune ale aparatelor g 601, g 602 (contor, respectiv varmetru) se alimentează de la baretele de tensiune formate în celula de măsură a stației. Pentru măsura curentului pe cele trei faze s-a prevăzut comutatorul ampermetric b 201.

6.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanșare și declanșare a întreruptorului se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în plan nr. 242-BKD-01, respectiv cu butoanele de comandă b 011 și b 021 în plan nr. 242-BKD-02 (circuitele 10, 11 și 17).

În schemă este prevăzută și posibilitatea comenzii de la distanță (circuitele 10 și 16). Schema este prevăzută cu blocaj local de la ușa încăperii bateriei de condensatori (circuitele 10 și 15). În schemele de comandă, protecție și semnalizare se folosesc limitatoare de cursă pentru poziția „introdus" și „extras" a întreruptorului, 1 b_0 și 2 b_0 (circuitele 35 și 36) care comandă releele d 105 și d 106.

Pentru comandă au fost prevăzute două circuite protejate cu siguranțe fuzibile deoarece întreruptoarele sînt prevăzute cu două bobine de declanșare d 121 și d 122. Ambele bobine sînt comandate de releul de culegere protecții d 107 iar bobina d 121 este acționată și de celelalte comenzi locale și de la distanță.

Circuitele de comandă de anclașare și declanșare sînt controlate de releele de supraveghere d 101, d 102, d 102 A.

6.3. CIRCUITE DE PROTECȚIE

Conform instrucțiunilor M.E.E. pentru proiectarea bateriilor de condensatoare cu șunt, PE 111-11/78, bateriile de condensatoare de medie tensiune trebuie prevăzute cu următoarele tipuri de protecții prin relee:

a) protecția maximală de curent în două trepte de reglaj;
b) protecția maximală de tensiune;
c) protecția de minimă tensiune;
d) protecția diferențială de curent.

6.3.1. Protecţia maximală de curent în două trepte are rolul de a proteja bateria de condensatoare în cazul creşterii curentului peste valorile nominale. Se realizează în două trepte de reglaj şi anume:

6.3.1.1. Protecţia maximală de curent treapta întîi acţionează la scurtcircuit în baterie şi se reglează la $3 \cdot I_n$ al bateriei de condensatoare. Curentul de pornire al protecţiei este:

$$I_{prI}=k_{sig} \cdot \frac{I_{k\,max}}{n_{TC}} \qquad \begin{array}{l} k_{sig}=1,3 \\ I_{k\,max}=3 \cdot I_n \end{array}$$

Pentru o baterie de condensatoare cu o treaptă fixă de 6 kV, $Q=1\,080$ kVAR, $I_n=104$ A, cu reductor de curent 150/5/5 A, rezultă $n_{TC}=30$; $I_{k\,max}=3 \cdot 104=$ $=312$ A şi curentul de pornire va fi:

$$I_{prI}=1,3 \cdot \frac{312}{30}=13,5 \text{ A}$$

Se aleg relee de curent tip RC-2 (e 201, e 202).

Declanşarea se comandă cu o temporizare astfel încît această protecţie să nu comande declanşarea întreruptorului la curentul de şoc provocat de anclanşarea bateriei. Se alege un releu de timp RTpa-5 (d 204) cu gama de reglaj 1,3 secunde, temporizarea urmînd a se regla între 0,2÷0,5 secunde.

6.3.1.2. Protecţia maximală de curent treapta a doua acţionează la suprasarcină şi se reglează la $1,3 \cdot I_n$ al bateriei de condensatoare.

$$I_{prII}=\frac{k_{sig}}{k_{rev}} \cdot \frac{I_{sarc\,max}}{n_{TC}} \qquad \begin{array}{l} k_{sig}=1,15 \div 1,25 \\ k_{rev}=0,85 \\ I_{sarc\,max}=1,3 \cdot I_n \end{array}$$

În cazul nostru: $I_{sarc\,max}=1,3 \cdot 104=135,2$ A

şi atunci: $$I_{prII}=\frac{1,2}{0,85} \cdot \frac{135,2}{30}=6,3 \text{ A}$$

Protecţia de curent se realizează cu relee de curent tip RC-2 (e 203, e 204). Temporizarea protecţiei de suprasarcină se realizează cu un releu tip RTpa-5 (d 203) avînd gama de reglaj 3,5 secunde şi se va regla între 1÷3,5 secunde, cel puţin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare a protecţiei maximale de curent din staţie.

6.3.2. Protecţia maximală de tensiune asigură declanşarea bateriei de condensatoare la creşteri de tensiune peste limita admisă de 10%.

Reglajul protecţiei se face astfel:

$$U_{pr}=1,1 \cdot \frac{U_n}{n_{TT}}$$

unde: U_n este tensiunea nominală a barelor de medie tensiune;
n_{TT} — raportul de transformare al transformatoarelor de tensiune din celula de măsură.

În cazul nostru: $U_{pr}=\frac{6\,000}{60} \cdot 1,1=110$ V

Se aleg relee minimale de tensiune (e 305, e 306, e 307) tip RT-4 S avînd gama de reglaj 60 ÷ 120 V. Temporizarea protecției se realizează cu un releu tip RTpa-5 (d 201) avînd gama de reglaj 3,5 secunde, temporizarea urmînd a fi reglată cu cel puțin o treaptă de timp peste cea mai mare temporizare din stație, între 1 și 3,5 secunde.

6.3.3. Protecția de minimă tensiune acționează în cazul scăderii tensiunii pe bara la care este racordată bateria (în pauzele de tensiune provocate de AAR), în scopul evitării unor supratensiuni periculoase ce pot apărea la anclanșarea întreruptorului sursei.

De regulă, această protecție se realizează în celula de măsură a secției de bare, unde se formează bareta de minimă tensiune Q(Z)BMT care acționează releul intermediar d 108.

Reglajul acestei protecții se face astfel:

$$U_{pr} = \frac{1}{k_{sig}k_{rev}} \cdot \frac{0{,}6\ U_n}{n_{TT}}$$

Temporizarea se va regla între 0 ÷ 5 secunde cu o treaptă de timp inferioară temporizării AAR.

6.3.4. Protecția diferențială de curent este protecția de bază împotriva defectelor interne în condensatoare. Această protecție se realizează cu un releu maximal de curent (e 205) racordat la secundarul unui transformator de curent (f 501) 30/5/5 A, instalat între punctele neutre ale stelelor bateriei de condensatoare.

Reglajul protecției se stabilește cu relația:

$$I_{pr} = k_i \cdot \frac{i_r}{n_c}$$

unde: k_i este 1,5 (coeficientul de desensibilizare);
i_r — curentul din primarul transformatorului de curent în funcție de numărul de elemente clacate dintr-un condensator;

$$i_r = \frac{I_n}{2} \cdot \frac{q}{p-q}$$

unde: I_n este curentul nominal al condensatorului defect în A;
q — numărul grupelor de elemente în scurtcircuit din condensatorul defect care conduc la declanșare;
p — numărul elementelor în serie dintr-un condensator.

Temporizarea se va regla cu un releu de timp tip RTpa-5 (d 202) cu gama de reglaj 1,3 secunde, la 0,3 secunde pentru evitarea declanșărilor la conectarea bateriei sau la un scurtcircuit în rețea.

În schemă mai sînt prevăzute următoarele protecții:
— protecția la arc deschis în compartimentul barelor;
— protecția la arc deschis în compartimentul de cabluri;
— bareta de blocare și rezervare Q(Z)BBR.

Toate protecțiile care comandă declanșarea (respectiv protecția maximală de tensiune, protecția diferențială de curent, protecția maximală de curent treptelI și II, protecția de minimă tensiune, protecția la arc deschis, declanșarea

alimentării prin AAR, declanşare şi blocare prin contactul de la uşa bateriei) sînt culese de releul d 107 (circuitul 32) automenţinut, care comandă declanşarea întreruptorului şi blochează comanda anclanşării.

6.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Sînt prevăzute următoarele semnalizări:

— semnalizarea optică de poziţie prin cheia cu lampă inclusă b 041 (circuitul 38) în plan nr. 242-BKD-01;

— semnalizarea de avarie care se face optic pe celulă, prin lampa cheii b 041 (circuitul 38) în plan nr. 242-BKD-01, respectiv prin lampa h 104 (circuitul 38) în plan nr. 242-BKD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSA;

— semnalizarea preventivă a întreruperii circuitelor de comandă care se face pe celulă optic prin lampa cheii b 041 (circuitul 38) în plan nr. 242-BKD-01, respectiv prin lampa h 103 (circuitul 38) în plan nr. 242-BKD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSP (circuitele 40 şi 41);

— semnalizarea, prin intermediul releelor de semnalizare de pe celulă a funcţionării fiecărui tip de protecţie;

— semnalizare „clapetă neridicată“ la PSC prin bareta Q(Z)BCN (circuitul 42).

În ambele scheme sînt scoase la cleme contactele libere ale diferitelor relee în scopul asigurării altor semnalizări sau interblocări eventual necesare în fiecare caz în parte.

7. CELULA DE GENERATOR

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE — PLAN NR. 242-GD-01
- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE — PLAN NR. 242-GD-02

7.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

În celula de generator sînt prevăzute aparate pentru măsura curentului (g 101) şi pentru măsura energiei active şi reactive (g 501, respectiv g 601) racordate la înfăşurarea secundară a transformatoarelor de curent f 101, f 102 şi f 103. Bobinele de tensiune ale aparatelor de măsură se racordează la baretele de tensiune formate în celula de cabluri şi măsură a generatorului cu transformatoarele de tensiune f 201, f 202 şi f 203. În schemă este prevăzută posibilitatea racordării aparatelor de măsură care se montează în camera de comandă.

7.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanşare şi declanşare a întreruptorului se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în plan nr. 242-GD-01, respectiv cu butoanele de comandă b 011 şi b 021 în plan nr. 242-GD-02 (circuitele

10 și 16). În schemă este prevăzută comanda de anclanșare și declanșare de la camera de comandă.

În schemele de comandă, protecție și semnalizare se folosesc limitatoarele de cursă pentru poziția „introdus" și „extras" a întreruptorului 1 b_0 și 2 b_0 (circuitele 31 și 32), care comandă releele d 105 și d 106.

Pentru comandă au fost prevăzute două circuite protejate cu siguranțe fuzibile deoarece întreruptorul este prevăzut cu două bobine de declanșare d 121 și d 122. Ambele bobine sînt comandate de releul de culegere a protecției d 107 iar bobina d 121 este comandată și de celelalte comenzi locale și de la distanță. Circuitele de comandă de anclanșare și declanșare sînt controlate de releele de supraveghere d 101, d 102 și d 102 A.

7.3. CIRCUITE DE PROTECȚIE

Conform prescripțiilor normativului PE 501/77 generatoarele trebuie prevăzute cu protecții prin relee împotriva următoarelor defecte sau regimuri anormale de funcționare:

a) scurtcircuite polifazate în înfășurarea statorului;

b) punere la pămînt în înfășurarea statorului;

c) scurtcircuite între spirele aceleiași faze din înfășurarea statorului;

d) supracurenți în înfășurarea statorului provocați de scurtcircuite exterioare și de suprasarcini nesimetrice;

e) supracurenți în înfășurarea statorului provocați de sarcini simetrice;

f) creșterea tensiunii înfășurării statorice;

g) punerea la pămînt într-un singur punct al circuitului de excitație;

h) punerea la pămînt într-un al doilea punct al circuitului de excitație;

i) pierderea excitației și funcționarea în regim asincron cu sau fără excitație;

j) funcționarea în regim de motor.

Generatoarele cu puteri de 3...25 MW (exemplul de calcul se prezintă pentru un generator de 6 MW) se echipează cu următoarele protecții:

7.3.1. Protecția împotriva scurtcircuitelor polifazate în stator, care este protecția de bază împotriva acestui defect, este o protecție diferențială longitudinală cu acțiune instantanee, autoselectivă.

Principiul de funcționare al acesteia se bazează pe compararea valorilor și sensurilor curenților de la intrarea și ieșirea fiecărei faze a elementului protejat. Pentru un generator de 6 MW:

$$I_n = \frac{6\,000}{\sqrt{3}\cdot 6\cdot 0{,}8} \approx 725 \text{ A} \qquad n_{TC} = \frac{1\,000}{5} = 200$$

Protecția diferențială se realizează cu releul tip RDS-ICEMENERG. Releul se reglează pe baza caracteristicilor $i_l = f(i_f)$.

Pentru curentul de lucru $i_l = i_{po}$ cînd frînarea este nulă ($i_f = o$) se adoptă valoarea $i_{po} = 0{,}4 \cdot i_n = 0{,}4 \cdot 5 = 2$ A.

$P = \sqrt{3}\, U I \cos\varphi$

$I = \frac{P}{\sqrt{3}\, U \cos\varphi}$

Curentul de dezechilibrare se calculează cu relaţia:

$$i_{dez\ calc\ p}=k_f \cdot I_{sc\ max\ ext}$$

$k_f=k_{id} \cdot k_{ap}\, f_i$
$k_{id}=0,5 \ldots 1$
$k_{ap} \geqslant 2$ (protecţie fără TSR)
$f_i=0,1$ (valoare admisă)

k_f este coeficientul de frînare
k_{id} — coeficientul de identitate
k_{ap} — coeficientul aperiodic
f_i — eroarea transformatoarelor de curent

$$I_{sc\ max\ ext}=\frac{725}{0,125}=5\ 800\ \text{A}.$$

Coeficientul de frînare k_f se alege astfel încît protecţia să fie desensibilizată la scurtcircuite exterioare:

$k_f=1 \cdot 4 \cdot 0,1=0,4$;   se adoptă: $k_f=0,6>0,4$

Coeficientul de frînare k_f este reglabil continuu cu ajutorul unui reostat în limitele $0,4 \div 1$.

7.3.2. Protecţia contra punerilor monofazate la pămînt se realizează cu un releu direcţional de procese tranzitorii tip RDT (e 301) racordat la secundarul transformatoarelor de curent. Pentru această protecţie se adoptă o temporizare realizată cu releul de timp d 201 de tip RTpa-5 cu gama 3,5 secunde reglat la 0,5 secunde pentru a aştepta o eventuală stingere a arcului.

7.3.3. Protecţia contra scurtcircuitelor exterioare este o protecţie maximală de curent temporizată, cu blocaj de minimă tensiune. Releele de curent sînt de tip RC-2 avînd reglajul:

$$I_r=1,3 \ldots 1,4 \cdot \frac{I_n}{n_{TC}}=1,4 \cdot \frac{725}{200}=5,1\ \text{A}$$

Reglajul releelor de tensiune se stabileşte cu relaţia:

$$U_r=\frac{1}{k_{sig} \cdot k_{rev}} \cdot \frac{U_{min\ expl}}{n_{TT}}$$

$k_{sig}=1,1$
$k_{rev}=1,15$
$U_{min\ expl}=0,95\ U_n$

$$U_r=\frac{1}{1,1 \cdot 1,15} \cdot 0,95 \cdot 100=75\ \text{V}$$

Tensiunea de pornire U_r se alege mai mică decît valoarea tensiunilor scăzute care pot apărea în procesul de autosincronizare a generatorului şi în cazul autopornirii motoarelor serviciilor interne.
Se adoptă $U_r=65$ V. Releul de timp se reglează cu o treaptă de timp peste protecţia maximală a plecărilor.

7.3.4 Protecţia contra suprasarcinilor simetrice se realizează cu un singur releu de curent conectat pe una din faze. Acesta comandă semnalizarea temporizat, pentru a se evita semnalele cauzate de suprasarcini de foarte scurtă durată sau de scurtcircuite exterioare care sînt deconectate de protecţiile reţelei. Curentul de pornire se determină cu relaţia:

$$I_{pr}=\frac{k_{sig}}{k_{rev}} \cdot \frac{I_n}{n_{TC}}=\frac{1,05}{0,85} \cdot \frac{725}{200}=4,5\ \text{A}$$

k_{sig}=1,05 (mai mic decît al protecţiilor maximale pentru ca protecţia contra suprasarcinilor să fie mai sensibilă).

Temporizarea acestei protecţii trebuie să fie superioară celui mai mare timp al celorlalte protecţii; practic aceasta se reglează la 10 secunde.

7.3.5. Protecţia contra primei puneri la pămînt rotorice foloseşte pentru detectarea apariţiei acesteia un releu tip RSPP fabricaţie ICEMENERG. Acest releu comandă numai semnalizarea.

7.3.6. Protecţia contra celei de a doua puneri la pămînt foloseşte o protecţie maximală de curent realizată cu un releu de tip RDPP. Acest releu comandă declanşarea întreruptorului cu o temporizare de 0,5 pînă la 1 secundă, necesară pentru a preveni acţionarea greşită a protecţiei în unele cazuri de scurtcircuite exterioare.

Toate protecţiile enumerate se instalează în camera de comandă (panou de protecţii, panou de relee) cu excepţia protecţiei împotriva punerii monofazate la pămînt în stator, care se instalează în celulă (releul u 301).

Faţă de protecţiile prezentate mai sus, s-au mai prevăzut următoarele protecţii:

— protecţia la arc deschis în compartimentul cablurilor (celula de cabluri);

— protecţia la arc deschis în compartimentul de bare;

— protecţia prin ADR;

— protecţia turbinei.

Cu excepţia protecţiei contra suprasarcinilor şi a protecţiei contra primei puneri la pămînt în circuitul rotoric care comandă numai semnalizarea, toate celelalte protecţii comandă declanşarea prin intermediul releului de culegere a protecţiei d 107 (circuitul 24) automenţinut, care comandă declanşarea întreruptorului şi blochează comanda anclanşării.

7.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Sînt prevăzute următoarele semnalizări:

— semnalizarea optică de poziţie prin cheia cu lampă inclusă b 041 (circuitul 35) în plan nr. 242-GD-01;

— semnalizarea de avarie care se face optic pe celulă, prin lampa cheii b 041 (circuitul 35) în plan nr. 242-GD-01, respectiv prin lampa h 104 (circuitul 35) în plan nr. 242-GD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSA;

— semnalizarea preventivă a întreruperii circuitelor de comandă care se face pe celulă optic prin lampa cheii b 041 (circuitul 35) în plan nr. 242-GD-01, respectiv prin lampa h 103 (circuitul 35) în plan nr. 242-GD-02 şi la PSC prin bareta Q(Z)BSP (circuitele 37 şi 38);

— semnalizarea prin intermediul releelor de semnalizare de pe celulă a funcţionării fiecărui tip de protecţie;

— semnalizare „clapetă neridicată" la PSC prin bareta Q(Z)BCN (circuitele 39 şi 40).

În ambele scheme sînt scoase la cleme contactele libere ale diferitelor relee în scopul asigurării altor semnalizări sau interblocări eventual necesare în fiecare caz în parte.

8. CELULA DE MOTOR

- VARIANTA CU COMANDĂ PRIN CHEIE – PLAN NR. 242-MD-01
- VIARIANTA CU COMANDĂ PRIN BUTOANE – PLAN NR. 242-MD-02

8.1. CIRCUITE DE MĂSURĂ

Măsura curentului este asigurată în celulele de motor prin trei transformatoare de curent şi anume două (f 101 şi f 103) cu valoarea curentului nominal secundar de 5 A şi unul (f 102) de 1 A. Primele două sînt destinate măsurii curentului pe celulă şi pe tabloul de comandă al staţiei, măsurii energiei active precum şi alimentării circuitelor de protecţie ale motorului. Al treilea transformator de curent este destinat măsurii locale, de lîngă motor, a curentului absorbit, în special în cazul în care motorul alimentat din celulă se află la distanţă mare de staţia de 6 KV, fiind evitată astfel utilizarea de cabluri cu secţiuni mari ale conductoarelor pentru racordarea ampermetrelor locale.

Cu ajutorul comutatorului ampermetric b 201 este posibilă măsura curentului pe fiecare din fazele statorice ale motorului.

8.2. CIRCUITE DE COMANDĂ

Comanda manuală de anclanşare a întreruptorului se realizează de pe celulă cu cheia de comandă b 041 în plan nr. 242-MD-01, respectiv butonul de comandă b 011 în plan nr. 242-MD-02 numai la probe, cu căruciorul în poziţia „extras" (circuitul 09). În funcţionare normală, comanda de anclanşare se poate face cu butonul de pornire locală sau tehnologică (circuitul 10). Este asigurată blocarea anclanşării atît prin condiţii tehnologice cît şi cu buton local de blocare fermă, precum şi la declanşarea prin protecţie a întreruptorului.

Întreruptorul este prevăzut cu dispozitiv de acţionare MRITM cu două bobine de declanşare. Cele două bobine sînt incluse în circuite de declanşare diferite (circuitele 14 şi 15), pe siguranţe fuzibile separate (e 101 şi e 102 pentru bobina d 121 şi e 101 A şi e 102 A pentru d 122). Ambele bobine asigură declanşarea intreruptorului prin protecţii, de la butonul local de oprire, la minimă tensiune şi prin comandă tehnologică. Declanşarea de pe celulă este prevăzută numai prin bobina d 121 cu ajutorul cheii de comandă b 041 în plan nr. 242-MD-01, respectiv a butonului de comandă b 012 în planul nr. 242-MD-02.

8.3. CIRCUITE DE PROTECŢIE

Au fost prevăzute protecţii împotriva defectelor interne şi regimurilor anormale de funcţionare, protecţia la arc deschis în compartimentul de cabluri, care asigură declanşarea întreruptorului din celulă, protecţia la arc deschis în compartimentul de bare precum şi bareta Q(Z)BBR de rezervare şi blocare descrise în capitolele 1.3 şi 2.3 la prezentarea celulelor de alimentare şi cuplă.

Protecţia la suprasarcină şi scurtcircuit este realizată cu releul electronic tip RESS-4 fabricaţie Electromagnetica (e 901, circuitele 03, 19 şi 20). Curentul de pornire al protecţiei la suprasarcină se calculează cu relaţia:

$$I_{pr}=(1,05-1,20)\frac{I_n}{n_{TC}}$$

în care:

I_n este curentul nominal al motorului;

n_{TC} — raportul de transformare al transformatorului de curent.

Curentul de pornire al protecţiei la scurtcircuit se calculează cu relaţia:

$$I_{pr}=k_{sig}\cdot k_{sch}\frac{I_{p\,max}}{n_{TC}}$$

în care:

$I_{p\,max}$ este valoarea maximă a curentului de pornire al motorului corespunzînd valorii nominale, alunecării $s=1$ şi rezistenţei scoase din circuitul rotoric (în cazul motoarelor cu rotor bobinat);

$k_{sig}=1,8\div2$

$k_{sch}=1$

Sensibilitatea protecţiei se apreciază cu relaţia:

$$k_{sens}=\frac{I^{(3)}_{sc\,min}}{I_{pr}\cdot n_{TC}}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\geqslant2$$

în care:

$I^{(3)}_{sc\,min}$ este curentul de scurtcircuit trifazat debitat de sistem în cazul unui scurtcircuit la bornele motorului.

Protecţia homopolară este asigurată cu releul e 902 de tip RDT fabricaţie ICEMENERG (circuitele 04 şi 22).

Protecţia la supratemperaturi în înfăşurările statorice ale motorului este realizată cu releul e 903 de tip RPT-2 G fabricaţie I.R. Mediaş (circuitele 06 şi 21).

Protecţia la minimă tensiune asigură autopornirea motoarelor importante la care se permite acest lucru, declanşarea la variaţii prelungite de tensiune în afara limitelor admise şi securitatea personalului de exploatare sau a bunei desfăşurări a procesului tehnologic. Această protecţie este comună tuturor motoarelor racordate pe aceeaşi secţie de bare a staţiei de 6 kV şi este instalată în celula de măsură. În celula de motor se găseşte numai releul d 108 (circuitul 07) racordat la baretele Q(Z)BMT şi Q(Z)nBMT ale cărui contacte normal deschise din circuitele 14 şi 15 comandă declanşarea întreruptorului.

În toate cazurile în care este necesar, contactul normal deschis al protecţiei tehnologice se poate introduce în circuitul 23 special destinat.

8.4. CIRCUITE DE SEMNALIZARE

Sînt prevăzute următoarele semnalizări:

— semnalizarea optică pe celulă a poziţiei întreruptorului cu cheia de comandă cu lampă inclusă b 041 (circuitul 34) în plan nr. 242-MD-01;

— semnalizarea de avarie care se face optic pe celulă prin lampa cheii b 041 în schema nr. 242-MD-01, respectiv prin lampa h 104 (circuitul 34) în schema nr. 242-MD-02 și la PSC prin bareta Q(Z)BSA (circuitul 35).

— semnalizarea prin intermediul releelor de semnalizare de pe celulă a funcționării fiecărui tip de protecție în parte, inclusiv a celei tehnologice, a protecției la arc deschis și a automenținerii comenzii de declanșare prin protecție;

— semnalizarea preventivă a întreruperii circuitelor de comandă care se face optic pe celulă prin lampa cheii b 041 în plan nr. 242-MD-01, respectiv prin lampa h 103 din circuitul 34 din plan nr. 242-MD-02 și la PSC prin bareta Q(Z)BSP (circuitele 36 și 37).

— semnalizare „clapetă neridicată" la PSC prin bareta Q(Z)BCN (circuitul 38).

În ambele scheme sînt scoase la cleme contactele libere ale diferitelor relee din schemă, în scopul asigurării altor semnalizări sau interblocări eventual necesare în fiecare caz în parte. Semnalizarea la distanță a poziției întreruptorului se poate face prin includerea contactelor din circuitul 39 (în ambele variante) în schema de semnalizare respectivă.

XII. ANCLANŞAREA AUTOMATĂ A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ (AAR)

Ing. MARIUS SMILOVICI
I.I.T.P.I.C. — BUCUREŞTI

1. ROLUL ANCLANŞĂRII AUTOMATE A ALIMENTĂRII DE REZERVĂ ŞI DOMENIUL EI DE APLICARE

La alegerea soluţiilor de alimentare a consumatorilor trebuie să se ţină seama de importanţa acestora, de continuitatea necesară în alimentarea cu energie electrică, de cheltuielile de investiţii, exploatare şi întreţinere etc.

Pe baza considerentelor economice este raţional întotdeauna, să se utilizeze alimentarea radială; acest fel de alimentare nu rezolvă însă problema continuităţii în alimentare, deoarece un defect ce survine pe ramura de alimentare poate scoate din funcţiune consumatorul respectiv.

Pentru marea majoritate a consumatorilor, schemele de alimentare trebuie concepute astfel încît, în timpul unei avarii pe linia sau la sursa de alimentare normală, să existe posibilitatea unei alimentări de rezervă. Pentru aceasta, consumatorii pot avea o dublă alimentare (de exemplu prin două linii sau prin două transformatoare aflate în permanenţă în funcţiune) sau o alimentare în funcţionare normală şi una de rezervă, care intervine numai cînd alimentarea normală a ieşit din funcţiune.

Soluţia dublei alimentări (Fig. 1. a. – prin linii, Fig. 1. b. – prin trafo) are următoarele dezavantaje:

— nu sînt utilizate elementele de legătură decît cel mult la 50% din puterea lor;

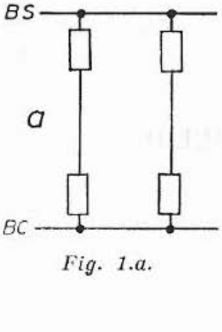


Fig. 1.a.

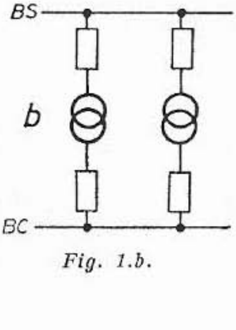


Fig. 1.b.

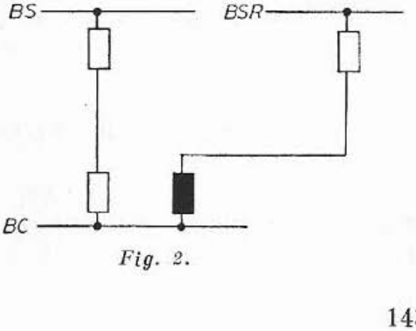


Fig. 2.

— se utilizează de două ori mai mult aparataj de legătură decît este necesar (întreruptoare, separatoare, trafo de curent etc.);

— deoarece cele două alimentări funcționează în paralel, impedanța lor scade la jumătate, ceea ce face să crească puterile de scurtcircuit pe barele consumatorilor, deci solicitările termice și dinamice ale aparatajului consumatorilor cresc;

— protecțiile prin relee ale elementelor de legătură se complică, deoarece acestea, funcționînd în paralel, sînt necesare protecții mai complicate și mai scumpe (de exemplu protecții diferențiale longitudinale sau transversale, direcționale etc.).

Soluția alimentării de rezervă constă în aceea că la fiecare consumator există, pe lîngă elementul de legătură principal (normal), și un element de rezervă, care are rolul de a suplini elementul normal în cazul defectării acestuia. În funcționarea normală, elementul de rezervă este deconectat. Soluția prezintă următoarele avantaje:

— alimentarea normală este încărcată în permanență cu sarcina consumatorului;

— solicitările termice și dinamice ale aparatajului consumatorului sînt mici;

— protecțiile prin relee sînt mult mai simple, deoarece rețeaua este radială;

— o singură alimentare poate servi ca rezervă pentru mai multe elemente în funcțiune.

Intrarea în funcțiune a rezervei poate fi comandată manual sau automat. Conectarea manuală întîrzie alimentarea consumatorilor, mai ales în cazul cînd nu există personal de exploatare la fața locului. De aceea, în instalațiile care alimentează consumatorii importanți sau foarte importanți conectarea alimentării de rezervă trebuie să se facă automat. Prin anclanșarea automată a alimentării de rezervă — AAR — se înțeleg dispozitivele care în cazul deconectării din orice cauză a alimentării normale, conectează automat alimentarea de rezervă.

Introducerea anclanșării automate a rezervei prezintă următoarele avantaje:

— reducerea personalului tehnic de exploatare a instalațiilor electrice;

— simplificarea schemelor de alimentare pentru același grad de siguranță;

— mărirea considerabilă a siguranței în funcționare în caz de avarie;

— eliminarea completă a întreruperilor ce survin în urma manevrelor greșite.

Introducerea acestor automatizări necesită unele cheltuieli de investiții și întreținere, care sînt relativ reduse față de avantajele pe care le prezintă.

2. CONDIȚIILE DE FUNCȚIONARE A SCHEMELOR AAR

Scopul unei scheme de AAR este ca în momentul cînd, din orice cauză, alimentarea principală nu mai este în măsură să satisfacă cererile consumatorilor (manevre greșite sau avarii) să intre în funcțiune alimentarea de rezervă.

Elementul care permite o detectare sigură a unei stări anormale care periclitează funcționarea în bune condiții a consumatorilor este tensiunea pe barele stației la care sînt racordați acești consumatori.

În Fig. 3, sînt arătate curbele de variație, funcție de timp, a tensiunii pe bare, a curentului total cerut de consumatori, a turației unuia din motoarele principale; schema principială de conexiuni este dată în Fig. 3. d.

Pînă la momentul $t=t_0$ instalația funcționează normal:

— tensiunea $U=U_{nom}$ de regim nominal;

— curentul $I=I_{nom}$;

— turația $n=n_{nom}$, corespunzătoare sarcinii motorului.

La momentul $t=t_0$ intervine starea anormală care face ca tensiunea să scadă brusc (s-a presupus o scădere totală a tensiunii), din această cauză și curentul va scădea pînă la valoarea zero, presupunîndu-se, pentru simplificare, o scădere bruscă a curentului (în realitate, curentul nu va scădea brusc decît numai la o declanșare a alimentării principale); ca urmare a lipsei de tensiune, motoarele vor începe să-și încetinească turația.

După un anumit timp t_{AAR}, timpul anclanșării automate a alimentării de rezervă, alimentarea de rezervă este introdusă pe bare. În acel moment însă motoarele și-au scăzut turația pînă la o valoare n_{rev}, turația de revenire, astfel încît impedanța lor, funcție de turație, va fi mult mai mică decît impedanța în regim nominal (motoarele sînt consumatori cu impedanță variabilă în timp, spre deosebire de alți consumatori care au impedanța constantă în timp).

În momentul restabilirii tensiunii, impedanța totală a consumatorilor va fi:

$$\frac{1}{\bar{Z}_{c_{rev}}} = \frac{1}{\bar{Z}_{m_{rev}}} + \frac{1}{\bar{Z}_{R_{rev}}} \tag{1}$$

unde:

$\bar{Z}_{m_{rev}}$ este impedanța motoarelor la restabilirea tensiunii;

$\bar{Z}_{R_{rev}}$ este impedanța consumatorilor de impedanță constantă.

Se observă că:

$$Z_{m_{rev}} < Z_{m_{nom}} \tag{2}$$

$$Z_{R_{rev}} = Z_{R_{nom}} \tag{3}$$

deci:

$$Z_{c_{rev}} < Z_{c_{nom}} \tag{4}$$

În acest fel, în momentul restabilirii alimentării, curentul I_{rev} va fi mai mare decît în regim normal, iar $U_{rev}<U_{nom}$ datorită căderii de tensiune prin impedanța liniei sau a transformatorului. Dacă tensiunea de revenire va determina la motoarele asincrone un cuplu mai mare decît cuplul sarcinii la alunecarea corespunzătoare turației de revenire, și această situație se va păstra și pentru turații mai mari decît cea de revenire, rezultă că motoarele vor re-

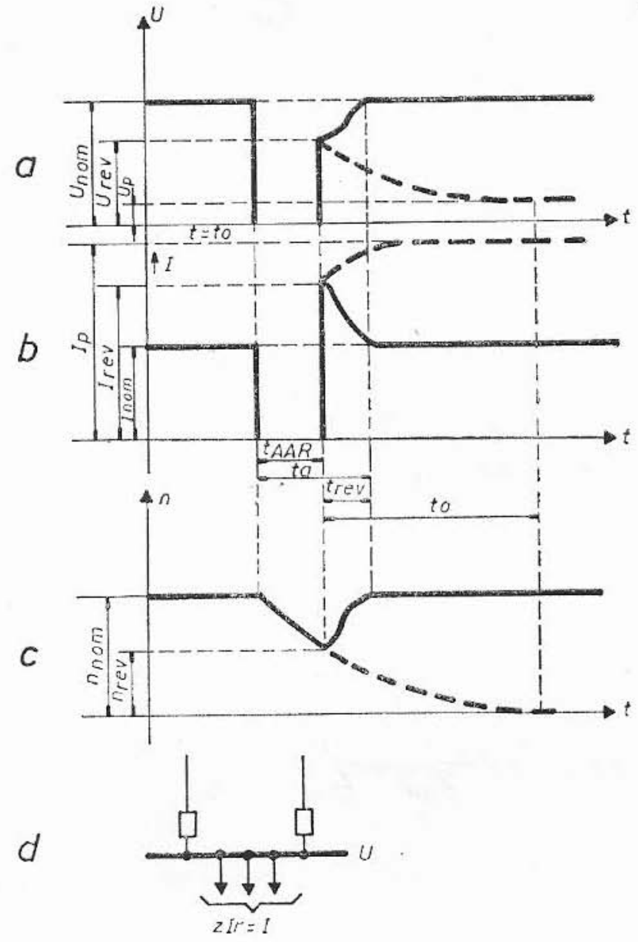


Fig. 3

porni, se vor accelera din nou, turaţia va începe să crească, ca urmare curentul va scădea, iar după un timp, depinzînd de caracteristicile mecanice ale motoarelor şi sarcinilor, curentul va atinge din nou valoarea normală. Acest timp se va nota cu t_{rev}.

Dacă însă tensiunea de revenire nu va creea la motoare un cuplu mai mare decît al sarcinii, ci dimpotrivă mai mic, motoarele vor continua să-şi reducă turaţia; ca urmare, curentul va creşte şi tensiunea va scădea. După un timp egal cu t_p motoarele se vor opri, curentul va ajunge la valoarea I_p egală cu cea a curentului de pornire. Tensiunea de revenire va scădea pînă la valoarea U_p corespunzătoare curentului I_p. Acest fenomen se numeşte „avalanşa de tensiune" şi trebuie complet evitat, altfel AAR devine ineficace.

Se poate întîmpla ca la unele motoare cuplul activ să fie mai mare decît cel rezistent, iar la altele invers; în primul caz, motoarele se vor accelera, iar în cel de-al doilea caz se vor opri. Este totuși evident că un asemenea regim poate fi considerat ca inacceptabil, deoarece produce o suprasolicitare a sursei de alimentare de rezervă, periclitează atît starea motoarelor care se opresc cît și a celor în funcțiune, prin faptul că și acestea din urmă, datorită unei alimentări cu tensiunea mai mică decît cea nominală, vor fi supraîncărcate din punct de vedere al curentului absorbit.

Din cele expuse mai sus, rezultă că t_{AAR} trebuie să fie cît mai scurt posibil; pe de altă parte, el trebuie să fie mai mare decît timpul necesar deionizării mediului în care a avut loc scurtcircuitul.

Pornirea schemei AAR este determinată, cum s-a menționat mai sus, de dispariția alimentării principale, care are ca o consecință imediată dispariția parțială sau totală a tensiunii pe barele de alimentare. Dispariția alimentării principale poate fi produsă de:

— avarierea elementului de legătură principal (linie sau transformator);

— avarierea sursei de alimentare principală;

— manevrarea greșită a întreruptoarelor elementului de legătură principal;

— avarierea barelor de la stația de alimentare;

— avarii în sistemul consumatorilor.

Rezultă următoarele posibilități de pornire a unei scheme AAR:

— prin protecția care determină declanșarea întreruptorului elementului de legătură principal;

— prin declanșarea întreruptorului elementului de legătură principal (cînd pornirea se face instantaneu);

— prin măsurarea tensiunii pe barele stației de alimentare (cînd pornirea se face cu întîrziere).

Utilizarea primei metode nu este recomandată deoarece prezintă dezavantajele că nu reacționează contra manevrelor greșite, a dispariției tensiunii pe bare datorită avarierii sursei de alimentare principale, cît și că t_{AAR} este cel puțin egal cu timpul protecției considerate.

Schemele AAR nu trebuie să acționeze în cazul defectelor în rețeaua consumatorilor, care pot duce la scăderi importante ale tensiunii și care trebuie să fie eliminate de protecția acesteia. De asemenea, schemele AAR nu trebuie să acționeze în cazul defectelor din amonte față de barele de alimentare, care trebuie eliminate de protecțiile respective.

AAR trebuie executată numai după declanșarea alimentării normale.

Schemele AAR vor cuprinde (Fig. 4):

— elementul de pornire, format din relee minimale de tensiune care să controleze tensiunea pe barele consumatorilor (1) și să comande pornirea, numai după ce s-a constatat existența tensiunii pe barele alimentării de rezervă (2);

— elementul de temporizare (3);

— elementul de comandă a declanșării întreruptorului elementului de legătură principal și ca urmare a acestei declanșări, anclanșarea întreruptorului elementului de legătură de rezervă;

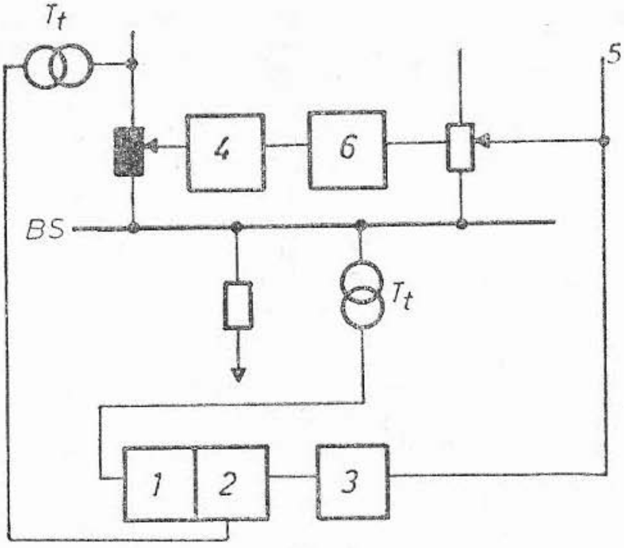


Fig. 4

— un element de blocare contra anclanşărilor repetate ale întreruptorului elementului de legătură de rezervă (4);

– un impuls de declanşare de la întreruptorul din amonte (5);

— un element de întîrziere a anclanşării întreruptorului elementului de legătură de rezervă în cazul cînd timpul propriu de declanşare al întreruptorului elementului de legătură principal (6) plus timpul de anclanşare al întreruptorului elementului de legătură de rezervă este mai mic decît timpul necesar deionizării;

— dispozitive auxiliare: cheia AAR, semnalizarea că schema AAR este pregătită de funcţionare, semnalizări că AAR a funcţionat.

3. UTILIZAREA AAR CA METODĂ DE EVITARE A ÎNTRERUPERII PROCESULUI TEHNOLOGIC LA CĂDEREA SURSEI DE ALIMENTARE NORMALĂ. IMPLICAŢII ASUPRA SCHEMELOR DE COMANDĂ A CONSUMATORILOR

În cele ce urmează se face o analiză a instalaţiilor de AAR şi a implicaţiilor pe care acestea le au asupra schemelor de comandă. Importanţa AAR rezultă din faptul că întreruperi de scurtă durată (2—3 secunde) în alimentarea cu energie electrică determină oprirea procesului tehnologic. Prin urmare, dacă sursa de rezervă nu înlocuieşte sursa normală avariată în timp util, oprirea procesului tehnologic nu poate fi evitată (ceea ce antrenează pierderi de producţie şi rebuturi). În cazul lipsei AAR, avantajul existenţei a două surse de alimentare este reluarea procesului tehnologic imediat ce sursa

defectă a fost înlocuită cu cea de rezervă, prin comenzi manuale. În cazul existenței unei singure surse, procesul tehnologic ar putea fi reluat numai după reapariția căii de alimentare defecte, ceea ce mărește considerabil durata opririi și pierderile de producție.

Prin utilizarea AAR se urmărește evitarea opririi procesului tehnologic și reducerea la minimum a eventualelor perturbații.

Trebuie menționat faptul că pentru atingerea acestui scop este necesar să se ia măsuri corespunzătoare și în automatizările tehnologice.

Introducerea AAR necesită o investiție suplimentară: costul releelor (circa 10 000 lei) și înlocuirea separatoarelor montate pe partea de 0,4 kV a transformatoarelor de 6/0,4 kV cu întreruptoare automate (acestea oferă și avantajul unei bune protecții a transformatoarelor la suprasarcinile ce provin de la consumatorii de joasă tensiune, deoarece au incorporate relee termice; în aceste condiții, protecția de curent prevăzută la întreruptorul de 6 kV al transformatorului servește ca protecție numai împotriva scurtcircuitelor în transformator și în circuitele de 0,4 kV).

În cele ce urmează se analizează principiile de funcționare AAR exemplificate pe schema desfășurată a unei instalații AAR la un post de transformare cu două transformatoare de 6 (10)/0,4 kV racordate la două secții de bare unite prin cuplă longitudinală (Schema AAR-JT-11). În regim normal de funcționare cele două transformatoare sînt în funcțiune și sînt racordate prin întreruptoarele 1 C și 2 C la cîte o secție de bare, cupla 3 C fiind deschisă. Similar sînt concepute și schemele AAR pentru stații de 6 kV cu două secții de bare și cuplă longitudinală.

Funcționarea AAR se bazează pe următoarele:

1. AAR pornește la lipsa tensiunii pe barele active și în prezența tensiunii pe barele de rezervă. Este indicat ca la stațiile de 6 kV demarajul AAR să fie dat de aceleași relee de minimă tensiune care comandă declanșarea motoarelor de 6 kV (releele protecției de minimă tensiune). Funcționarea protecției de minimă tensiune indică o alimentare anormală a motoarelor electrice, deci necesitatea anclanșării alimentării de rezervă.

Este indicat ca releele de tensiune minimă, montate pe trei faze, (releele 1eR; 1eS; 1eT, respectiv 2eR; 2eS; 2eT) să aibă contactele înseriate (circuitele 18 și 20), pentru a nu da o comandă greșită la arderea siguranțelor în circuitele de tensiune. Condiția prezenței tensiunii se multiplică prin releele intermediare 1d1, respectiv 2d1. De asemenea, arderea siguranțelor trebuie semnalizată personalului de exploatare (releele 1d8, 1d9, respectiv 2d8, 2d9, cu contacte în circuitele 73, respectiv 74 pentru semnalizare la PSC).

În legătură cu controlul tensiunii pe bare se menționează un element nou introdus în schemă: controlul pe fazele omoloage ale fiecărei secții de bare (R 1, R 2; T 1, T 2) a tensiunii rezultante între tensiunea sursei și tensiunea reziduală a motoarelor asincrone. Controlul se realizează prin releele de minimă tensiune 12 eR, 12 eT (circuitele 3 și 7), ale căror contacte normal închise înseriate sînt multiplicate prin releul d12 (circuitul 67).

Întreruptorul cuplei 3 C poate fi anclanșat pe poziția „introdus", prin AAR sau manual, numai dacă tensiunea rezultantă între tensiunea sursei și tensiunea reziduală a motoarelor este mai mică de 1,2 U_n (circuitul 49).

Această condiție s-a introdus pentru a evita închiderea cuplei în cazul cînd tensiunile rezultante omoloage sînt în opoziție de fază.

2. Instalația AAR comandă cu temporizare declanșarea întreruptorului de alimentare normală, corespunzător sursei defecte (circuitele 38, 39 — întreruptor 1 C; circuitele 45, 46 — întreruptor 2 C).

Temporizarea declanșării alimentării normale, determină în cea mai mare măsură pauza de AAR (durata lipsei de tensiune pe bare) și de aceea trebuie să fie cît mai mică.

3. Declanșarea alimentării normale este urmată fără temporizare de anclanșarea alimentării de rezervă (comanda este dată prin contactul auxiliar NI al întreruptorului alimentării normale); în consecință, la declanșarea accidentală a întreruptorului alimentării normale, întreruptorul alimentării de rezervă anclanșează fără temporizare; același contact auxiliar realizează și blocajul conectării alimentării de rezervă cînd alimentarea normală este în funcțiune, în scopul evitării punerii în paralel a celor două surse care ar putea fi nesincrone sau, fiind sincrone ar determina o circulație de putere inadmisibilă (circuitele 48 și 50).

4. Pentru accelerarea AAR, declanșarea întreruptorului din amonte al fiderului de alimentare a unei secții de bare (sau a întreruptorului de 6 kV al unui transformator de 6/0,4 kV) comandă prin contactul său auxiliar NI declanșarea întreruptorului corespunzător de pe fider, care constituie alimentarea secției respective de bare (întreruptorul de 0,4 kV al trafo 6/0,4 kV) — circuitele 37 și 44. În acest fel, declanșarea accidentală sau prin protecțiile netemporizate este urmată de funcționarea netemporizată a AAR. Dacă la condiția de mai sus se adaugă blocajul anclanșării întreruptorului din aval, dacă întreruptorul pe același fider (trafo) este declanșat, se evită și alimentarea fiderului (trafo) din aval în amonte (circuitele 29, respectiv 32).

5. În cazul existenței unor motoare sincrone sau generatoare racordate la bara fără tensiune, pornirea AAR se face în condițiile de mai sus, dar comanda de anclanșare a întreruptorului alimentării de rezervă va fi blocată de condiția declanșării tuturor motoarelor sincrone și generatoarelor conectate la bara fără tensiune. În acest caz, temporizarea anclanșării alimentării de rezervă este maximum dintre temporizarea AAR și temporizarea declanșării motoarelor sincrone (inclusiv timpul propriu al întreruptoarelor).

6. Scăderile de tensiune pe bare, care determină pornirea AAR, pot fi provocate de:

— scurtcircuite pe barele respective sau în aval (pe circuitele racordate la bare) care determină trecerea unor curenți mari prin întreruptorul de alimentare normală;

— alte cauze (scurtcircuite pe alte plecări din stațiile de 6 kV, 110 kV sau 220 kV din amonte, declanșări ale alimentărilor acestor stații etc.), care nu determină trecerea unor curenți mari prin întreruptorul de alimentare normală.

În primul caz, defectul se află pe partea consumatorului, în raport cu bara fără tensiune (deci sursa de alimentare nu este defectă, dar este deranjată de defectul de la consumator; AAR nu trebuie să funcționeze, deoarece AAR înlocuiește sursa defectă cu sursa de rezervă). În acest caz, sursa normală nu este defectă, iar conectarea sursei de rezervă pe consumatorul

avariat ar deranja şi sursa de rezervă care alimentează alţi consumatori, perturbîndu-i şi pe aceştia.

În al doilea caz, defectul nu este pe partea consumatorului ci pe partea sursei de alimentare în raport cu bara fără tensiune. În această situaţie, AAR trebuie să funcţioneze pentru a înlocui sursa defectă cu cea de rezervă. Trebuie să se aibe grijă ca autopornirea consumatorilor pe sursa de rezervă să nu deranjeze ceilalţi consumatori.

Blocajul AAR la scurtcircuite pe bare sau în aval se realizează cu o protecţie maximală de curent netemporizată (în cazul nostru contactele 1 CSD, 2 CSD din circuitele 48, 50 ale releelor electromagnetice ale întreruptoarelor automate). Reglajul releelor de curent se face la valoarea minimă a curentului care determină scăderea de tensiune pe bare la care lucrează releele de tensiune minimă ce pornesc AAR. Reglînd la o valoare mai mare, este posibil să apară un curent (la un defect la consumator) şi o scădere a tensiunii corespunzătoare pe bare, astfel ca AAR să pornească şi să nu fie blocat de protecţia maximală de curent. Rezultatul este conectarea sursei de rezervă pe un consumator defect, deranjarea acesteia şi a consumatorilor alimentaţi de ea, deci extinderea avariei.

În cazul inexistenţei blocajului AAR la scurtcircuite pe bare sau în aval, temporizarea AAR trebuie să fie superioară temporizării maxime a protecţiilor circuitelor conectate la barele respective, astfel ca scurtcircuitele pe aceste circuite să poată fi lichidate de întreruptoarele circuitelor înainte de conectarea sursei de rezervă.

În plus, blocajul la scurtcircuite pe bare sau în aval serveşte şi la blocarea anclanşării de rezervă şi a reanclanşării manuale a alimentării normale pînă la înlăturarea defectului.

7. Instalaţiile AAR realizate în staţiile de 6 kV şi 0,4 kV nu sînt reversibile, adică trecerea secţiei de bare respective de pe alimentarea de rezervă pe alimentarea normală nu se realizează automat. Funcţionarea cu alimentare pe sursa de rezervă înseamnă funcţionarea fără nici o altă rezervă.

La căderea sursei de rezervă, consumatorii rămîn fără alimentare şi procesul tehnologic este oprit. De aceea, este necesar ca punerea în funcţiune a alimentării normale să se realizeze cît mai repede şi să se treacă secţia de bare pe alimentarea normală. Pentru ca trecerea de pe o alimentare pe alta să se realizeze fără întrerupere de tensiune, este necesar ca cele două alimentări să fie puse în paralel pentru scurt timp, cu condiţia realizării paralelului în amonte pînă la barele staţiei de alimentare a platformei (de regulă, 110 kV).

În privinţa duratei de funcţionare în paralel a celor două sisteme radiale este de remarcat că aceasta trebuie să fie foarte scurtă pentru a reduce la zero posibilitatea apariţiei unui scurtcircuit, deoarece cresc considerabil puterile de scurtcircuit şi, de regulă, puterile de rupere ale echipamentelor (întreruptoare, siguranţe) sînt depăşite.

Reducerea maximă a duratei de funcţionare în paralel se obţine prin declanşarea automată a unui întreruptor (care întrerupe legătura de punere în paralel), după anclanşarea întreruptorului care realizează punerea în paralel. Alegerea întreruptorului care se doreşte a fi declanşat automat se

face prin intermediul comutatorului bpd cu blocare mecanică, care are patru poziții: — 0; 1 — trafo 1; 2 — trafo 2; C — cuplă. De exemplu, pentru scoaterea voită din funcțiune a transformatorului T 1, anclanșarea cuplei 3 C este urmată de declanșarea automată a întreruptorului 1 C (circuitul 37).

Procedeul de punere în paralel cu închiderea prealabilă a unei cuple în amonte are dezavantajul că necesită menținerea îndelungată a cuplei din amonte închisă (timpul este cu atît mai mare cu cît efectuarea manevrei se face la tablouri cu treapta cea mai joasă de tensiune).

Acest procedeu este indicat în cazul în care, datorită defectării unui element de rețea, o cuplă în amonte este deja închisă (alimentarea cu energie electrică realizîndu-se pe o singură cale).

Controlul tensiunilor omoloage și mai ales al diferențelor fazoriale ale acestora, în punctele ce urmează a fi legate în paralel, permite, dacă aceste diferențe sînt acceptabile, să se efectueze punerea în paralel direct în locul considerat (fără închiderea cuplelor din amonte).

Măsura modulului diferenței fazoriale a tensiunilor omoloage (ΔU_{12}) se poate realiza cu ajutorul unui voltmetru. Valorile măsurate pot fi egale cu cîteva procente din tensiunea nominală (cînd există condiții de punere în paralel), dar pot ajunge la dublul tensiunii nominale cînd tensiunile omoloage sînt în opoziție de fază. Este necesar ca voltmetrul să aibe două sau mai multe domenii de măsură și clasă de precizie 1,5 pentru a putea măsura valorile mici pentru ΔU_{12}, caracteristice condițiilor favorabile de punere în paralel, cît și dublul tensiunii nominale. Astfel de voltmetre sînt de obicei portabile. Avînd în vedere că manevrele de punere în paralel nu sînt frecvente, nu este necesar să se monteze astfel de voltmetre în fiecare tablou electric sau în fiecare stație electrică. Este suficient ca tensiunile fazelor omoloage să fie aduse la cîte două cleme ($1\Delta 1-1\Delta 2$; $2\Delta 1-2\Delta 2$; $3\Delta 1-3\Delta 2$) prin intermediul unor siguranțe, iar personalul de exploatare va folosi voltmetrul portabil. Clemele respective vor fi marcate cu vopsea galbenă sau portocalie, pentru a fi ușor recunoscute.

Decizia de punere în paralel se va lua după comparația valorii ΔU_{12} măsurate, cu o valoare $\Delta U_{12\ adm}$ caracteristică tabloului electric sau stației electrice respective, care se calculează inițial și se afișează pe tabloul electric respectiv.

Pentru tablourile de 0,4 kV relația de calcul este:

$$\Delta U_{12\ adm}=2\cdot U_{nf}\cdot \frac{I_{12\ adm}}{I_{sc}}$$

Pentru stațiile de 6 kV:

$$\Delta U_{12\ L\ adm}=2\cdot U_{n\ L}\cdot \frac{I_{12\ adm}}{I_{sc}}$$

Valoarea $I_{12\ adm}$ va fi apreciată pentru fiecare tablou electric sau stație electrică de către beneficiar, dar se pot lua în considerare și următoarele:

— dacă punerea în paralel este de durată, curentul $I_{12\ adm}$ nu trebuie să depășească I_n al contactorului sau întreruptorului automat pe care îl parcurge (în timpul funcționării în paralel se vor supraveghea ampermetrele aferente);

— dacă manevra de punere în paralel este automatizată (după închiderea unui întreruptor, declanșarea celui de al doilea se comandă prin contact auxiliar al primului întreruptor), $I_{12\ adm}$ poate lua valori de (2 ... 3) I_n pentru întreruptoare automate și (6 ... 10) I_n pentru contactoare; în acest caz, pentru întreruptoare automate se va verifica condiția:

$$(I_{12\ adm}+I_{sarcină})=0{,}8\cdot I_{decl\cdot instantanee}$$

Este de observat că întreruptorului care rupe legătura de punere în paralel i se aplică tensiunea ΔU_{12} care este sensibil mai mică decît U_{nom}, deci întreruperea curentului de circulație este mai ușoară.

Manevra de punere în paralel automatizată este mai avantajoasă deoarece admite curenți de circulație mai mari și în consecință diferențe mai mari între tensiunile fazelor omoloage. Datorită timpului scurt de efectuare a manevrei automatizate de punere în paralel, aceasta se poate aplica și în cazul în care diferența tensiunilor omoloage variază lent în timp (datorită unei diferențe mici de frecvență) trecînd prin valoarea zero. Urmărind indicația voltmetrului (conectat la o pereche de cleme Δ), în momentul trecerii prin valoarea zero se va comanda punerea în paralel. Această manevră este mai puțin recomandabilă datorită riscului de refuz de declanșare al celui de al doilea întreruptor (punerea în paralel se menține în continuare, iar diferența tensiunilor omoloage începe să crească). Întreruptorul care declanșează trebuie supravegheat de un operator pentru a fi declanșat mecanic, prin comandă manuală sau va fi declanșat manual primul întreruptor, cît mai repede după anclanșarea lui.

8. Punerea în funcțiune a instalației de AAR se realizează cu o cheie de comandă (cheia b AAR). Cheia are două poziții pentru separarea comenzilor: AUTOMAT-MANUAL. Pe poziția AUTOMAT, la îndeplinirea tuturor condițiilor de automatizare, instalația AAR funcționează.

9. În cazul dispariției tensiunii pe o bară, toate barele din aval alimentate de la aceasta vor fi lipsite de tensiune, ceea ce determină pornirea AAR în toate stațiile electrice respective.

Pentru rezolvarea acestei situații este suficient să lucreze AAR din stația amonte. Totodată acest lucru este și necesar pentru ca barele din aval să rămînă pe alimentarea normală (păstrîndu-și astfel rezerva). În caz contrar, ar trebui efectuate manevre de trecere pe alimentare normală pe aceste stații.

De aceea, este indicat ca AAR în toate stațiile de 6 kV și 0,4 kV să aibă două trepte de temporizare; treapta mai mică, pentru cazurile în care AAR din amonte nu a pornit (deci nu trebuie așteptată conectarea sursei de rezervă în amonte) — releele 1d5, 2d5 în cazul AAR (1+1) transformatoare de 6/0,4 kV cu o temporizare de 0,6 secunde — și o treaptă superioară, pentru situația în care AAR din amonte a pornit — releele 1d6, 2d6 cu o temporizare de 1,2 secunde. În ultimul caz, revenirea tensiunii se realizează cu treapta mai mică de timp, datorită funcționării AAR în amonte.

Dacă AAR în amonte nu rezolvă conectarea cursei de rezervă în locul celei normale, deși a demarat, AAR în aval lucrează cu treapta a doua (mai mare). Cele două trepte de timp ale AAR sînt aceleași pentru toate stațiile de 6 kV și 0,4 kV.

În lipsa interblocării instalaţiilor AAR amonte-aval, ar fi trebuit mărită temporizarea AAR din aval faţă de AAR din amonte. Aceasta ar fi condus la pauze mari de AAR pe barele de 0,4 kV adică tocmai la consumator, ceea ce ar fi scăzut eficienţa AAR.

În cazul existenţei interblocării între instalaţiile AAR amonte-aval, revenirea tensiunii se realizează cu treapta mică de timp şi, numai în caz de refuz de funcţionare a unei instalaţii AAR, cu treapta a doua de temporizare.

10. În schemele AAR realizate cu întreruptoare debroşabile este importantă nu numai poziţia contactelor principale ale întreruptorului, ci şi poziţia „introdus" sau „extras" a întreruptorului. Astfel, un întreruptor închis aflat pe poziţia „extras" este echivalent cu acelaşi întreruptor deschis aflat pe poziţia „introdus", în sensul că circuitul respectiv este deschis.

Pentru a utiliza în schemele de AAR poziţia întreruptorului, se foloseşte cîte un limitator de cursă pentru poziţia „introdus" (1b3, 2b3, 3b3) şi „extras" (1b4, 2b4, 3b4). Contactele acestora (multiplicate) (releele 1d3, 2d3, 3d3 şi 1d4, 2d4, 3d4) servesc la realizarea schemelor de comandă, protecţie şi semnalizare, astfel ca:

— pe poziţia „introdus" întreruptorul să fie supus comenzilor manuale exterioare şi automate, blocajelor cu alte aparate electrice, iar comenzile de la tabloul în care este montat se vor putea da numai în caz de necesitate (mai ales declanşarea, care, de altfel, se poate realiza şi mecanic); blocajele şi comenzile determinate în circuitele altor aparate electrice să fie active;

— pe poziţia „extras" întreruptorul să nu fie supus comenzilor manuale exterioare şi automate care ar putea să apară în această poziţie şi nici blocajelor exterioare, iar blocajele şi comenzile date în alte circuite să fie anulate.

În felul acesta, pe poziţia „extras" se pot face probe electrice şi mecanice, reglarea diferitelor dispozitive şi mecanisme ale întreruptorului, fără pericolul unei anclanşări sau declanşări ce ar putea accidenta personalul ce lucrează la întreruptor şi fără a influenţa alte circuite de comandă — semnalizare.

Totodată, contactele-broşe îndeplinesc funcţia de separator. „Întreruptor extras" corespunde la separator deschis, iar „întreruptor introdus" corespunde la separator închis. Limitatoarele de cursă corespunzătoare poziţiilor întreruptorului îndeplinesc funcţia contactelor auxiliare ale separatoarelor.

Este necesar ca contactele limitatoarelor de cursă să fie controlate (releele 1d7, 2d7) şi deschiderea lor anormală să fie imediat semnalizată personalului de exploatare (circuitele 73, 74 — semnalizări la PSC), ca şi întreruperea circuitelor de comandă (releele 1d8, 2d8, 1d9, 2d9).

11. Valoarea temporizării treptei a doua (mai mare) a AAR trebuie să fie mai mică decît pauza de tensiune maximă admisă de consumatori; în caz contrar, AAR poate deveni inutil. Treapta a doua trebuie să fie mai mare decît treapta întîi cu un interval de timp determinat de timpii proprii ai întreruptoarelor şi ai releelor de tensiune (la excitare). De asemenea, este util ca treapta întîi să depăşească timpul cu care sînt lichidate acele scurtcircuite din sistemul electric al platformei care produc pornirea AAR. Se evită astfel funcţionarea AAR şi manevrele ulterioare de revenire la alimentarea normală.

În acest caz, este indicată utilizarea în întregul sistem electric al platformei uzinale a protecţiilor rapide (secţionare de curent, protecţie diferenţială longitudinală, protecţie comparativă), care lichidează rapid curenţii mari de scurt-

circuit (ce produc scăderi mai mari de tensiune pe bare). În aceste condiții, treapta întîi de temporizare AAR trebuie să depășească timpul de lichidare a a unui scurtcircuit de o protecție rapidă (0,2 secunde) plus timpul de excitare a releelor de tensiune minimă (0,1 secunde). Acoperitor, se poate lua treapta întîi de 0,6 secunde, ceea ce reprezintă, în general, un timp satisfăcător pentru toate utilajele antrenate de motoare asincrone.

12. O condiție esențială pentru eficiența AAR este aceea ca, consumatorii alimentați de sursa normală înainte de avarierea ei să fie conectați la sursa de rezervă după funcționarea AAR. Pentru aceasta, se adoptă pentru consumatorii racordați la bare prin siguranțe și contactoare scheme speciale de automenținere a bobinelor contactoarelor.

BIBLIOGRAFIE

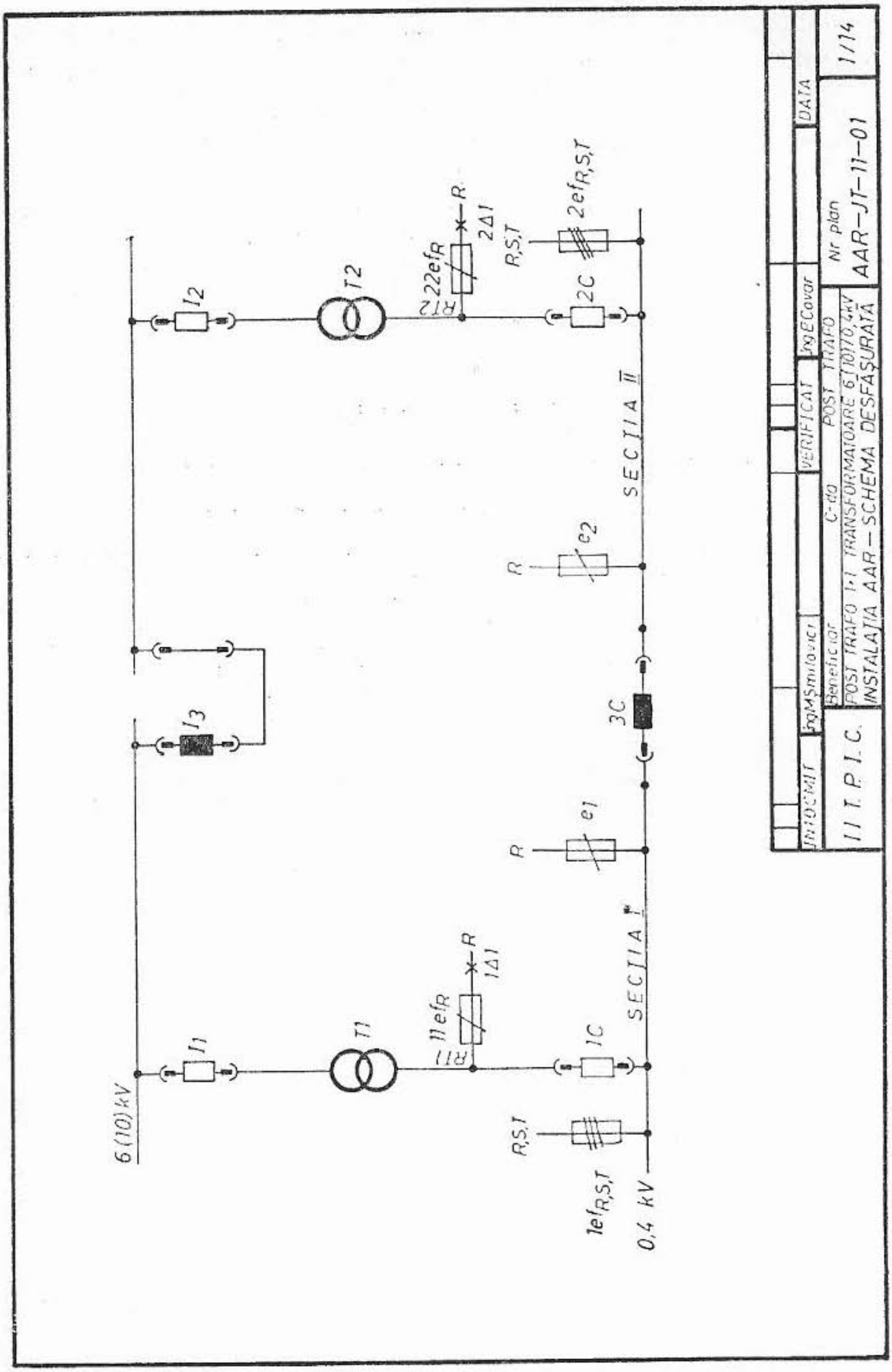
[1] BADEA, I. și ALȚII — *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice*. Editura tehnică, 1973.

[2] PENESCU, C. I. — *Automatica și telemecanica sistemelor energetice — vol. II*. Editura Academiei R.S.R, 1960.

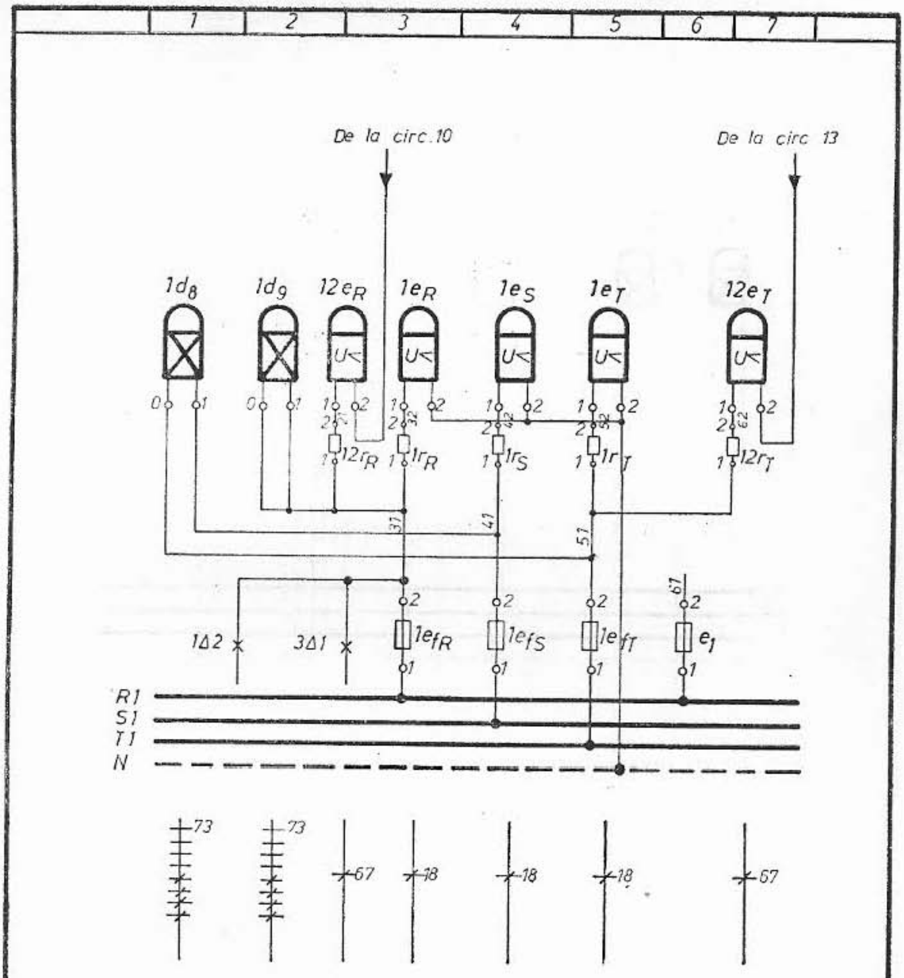
[3] COVAR, E. — *Mărirea siguranței în funcționare a rețelelor electrice interioare la combinate chimice cu proces tehnologic continuu*. Revista Energetica nr. 6. 20—1972,

[4] COVAR, E. — *Studiu privind punerea în paralel a celor două sisteme radiale ale unei distribuții electrice uzinale*. I.I.T.P.I.C, 1979.

[5] ȘMILOVICI, M. — *Soluții privind alimentarea cu energie electrică a platformelor din industria chimică*. Referat la Sesiunea de Comunicări tehnico-științifice, „30 de ani în slujba proiectării industriei chimice — realizări și perspective" — 11—12. 10. 1979.

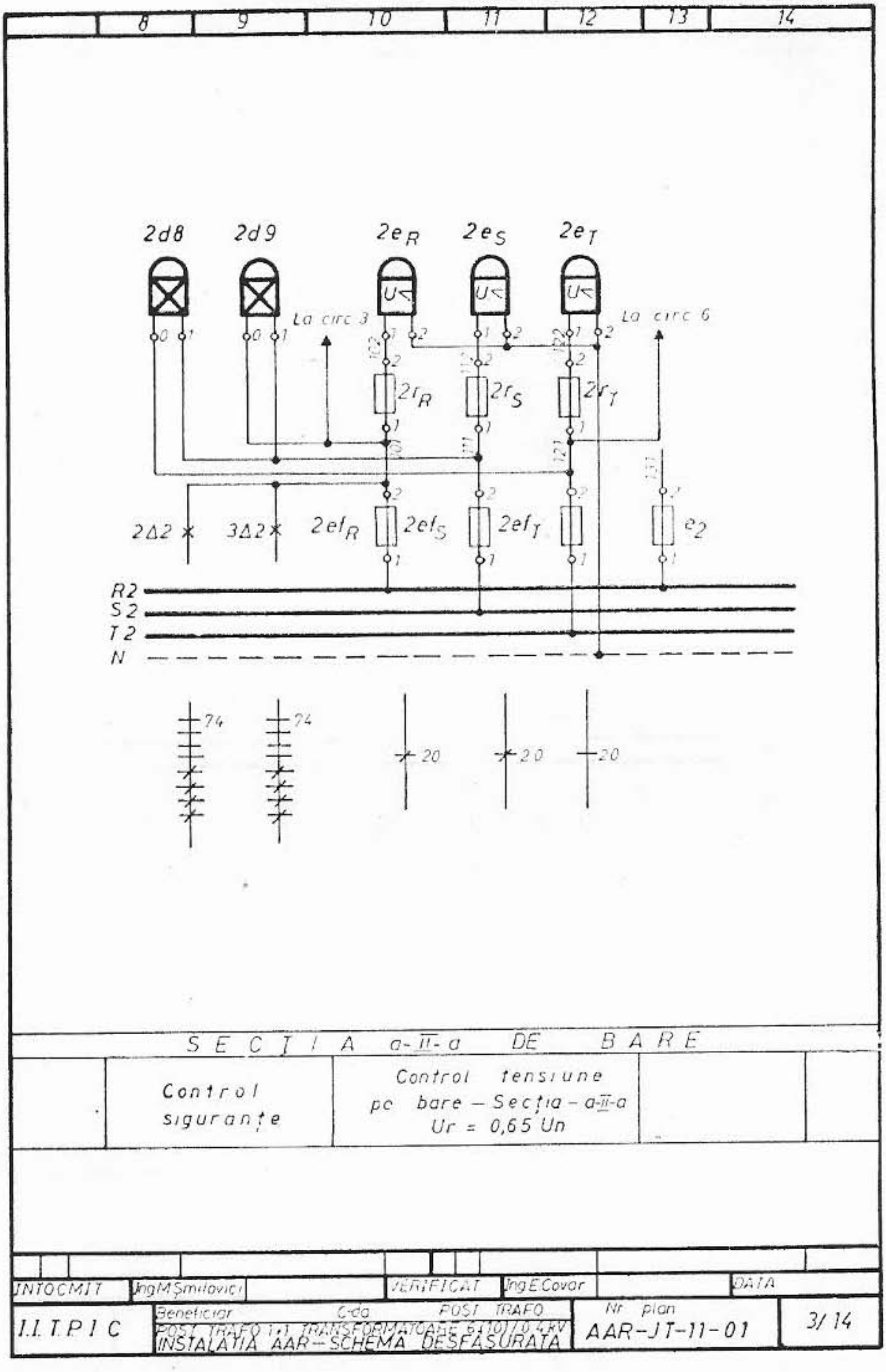


6 (10) kV
0,4 kV
I1
I2
I3
T1
T2
~ 11efR
~ 22efR
RT1
RT2
1Δ1
2Δ1
R
R,S,T
1ef R,S,T
2ef R,S,T
1C
2C
3C
e1
e2
SECŢIA I
SECŢIA II
INTOCMIT
Ing.M.Şmilovici
VERIFICAT
Ing.E.Covar
DATA
I I T. P. I. C.
Beneficiar
C-da
POST TRAFO
POST TRAFO 1-1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV
INSTALAŢIA AAR - SCHEMA DESFĂŞURATĂ
Nr plan
AAR-JT-11-01
1/14

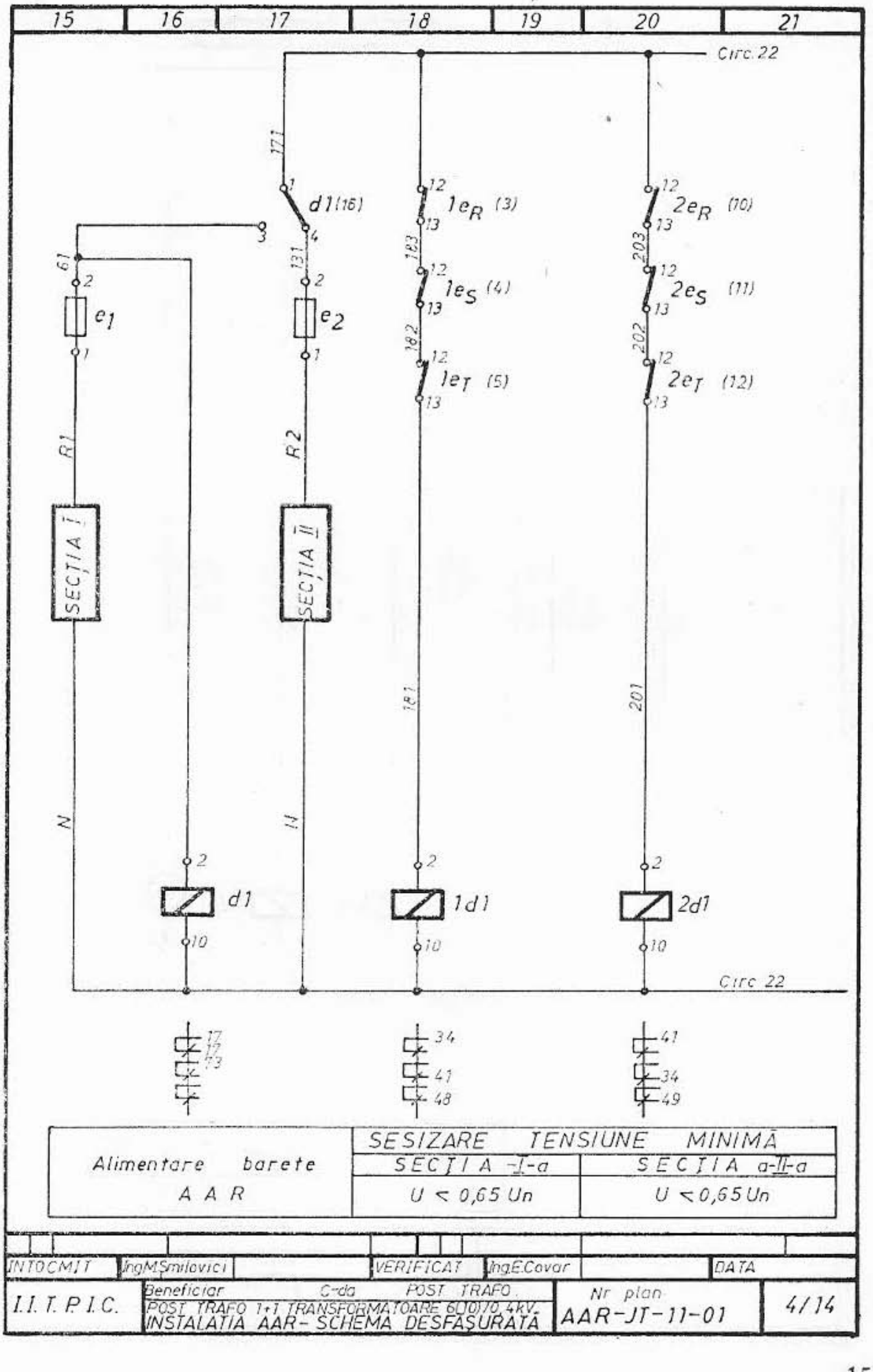


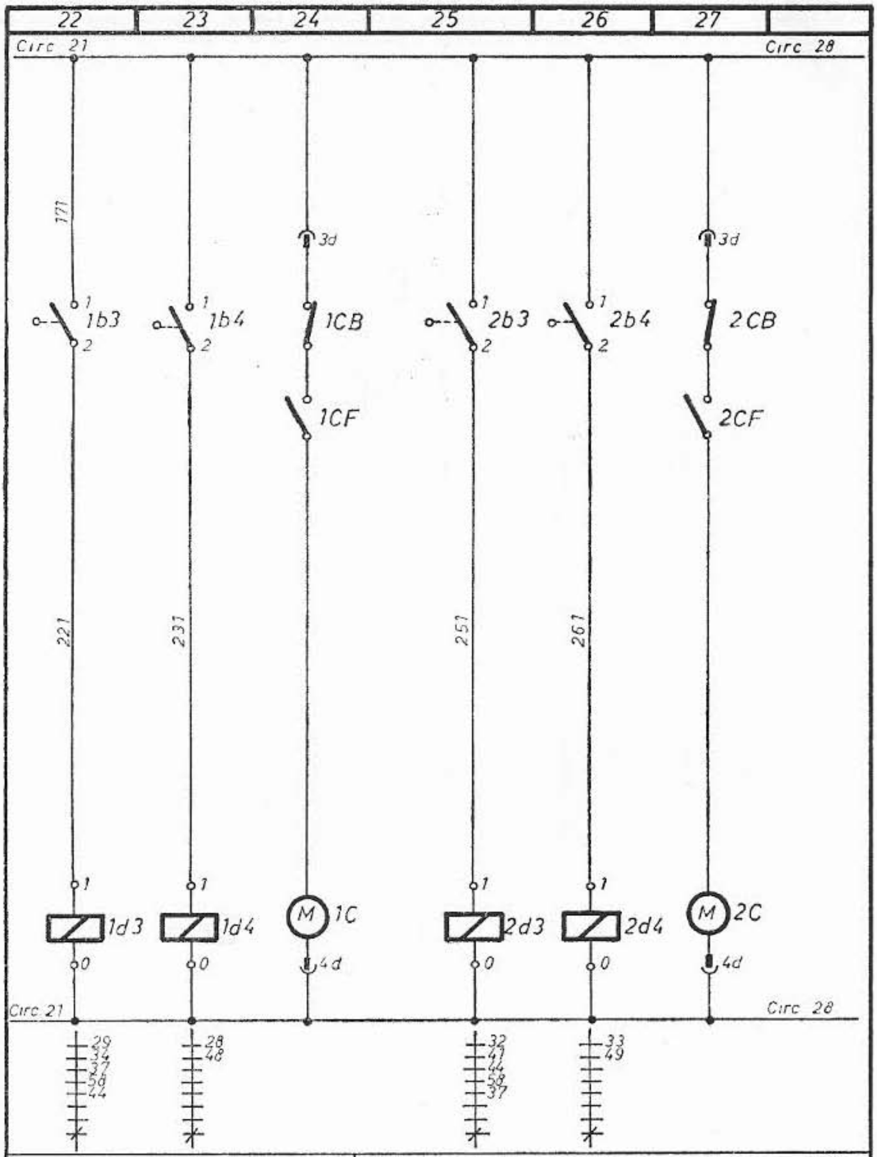
SECȚIA I-a de BARE				
Control siguranțe	Control tens. între fazele R1R2 Ur = 1,2 Un	Control tensiune pe secția I Ur = 0,65 Un	Control tens. între fazele T1T2 Ur = 1,2 Un	

ÎNTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA	
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV INSTALAȚIA AAR - SCHEMA DESFĂȘURATĂ	Nr. plan AAR-JT-11-01	2/14		



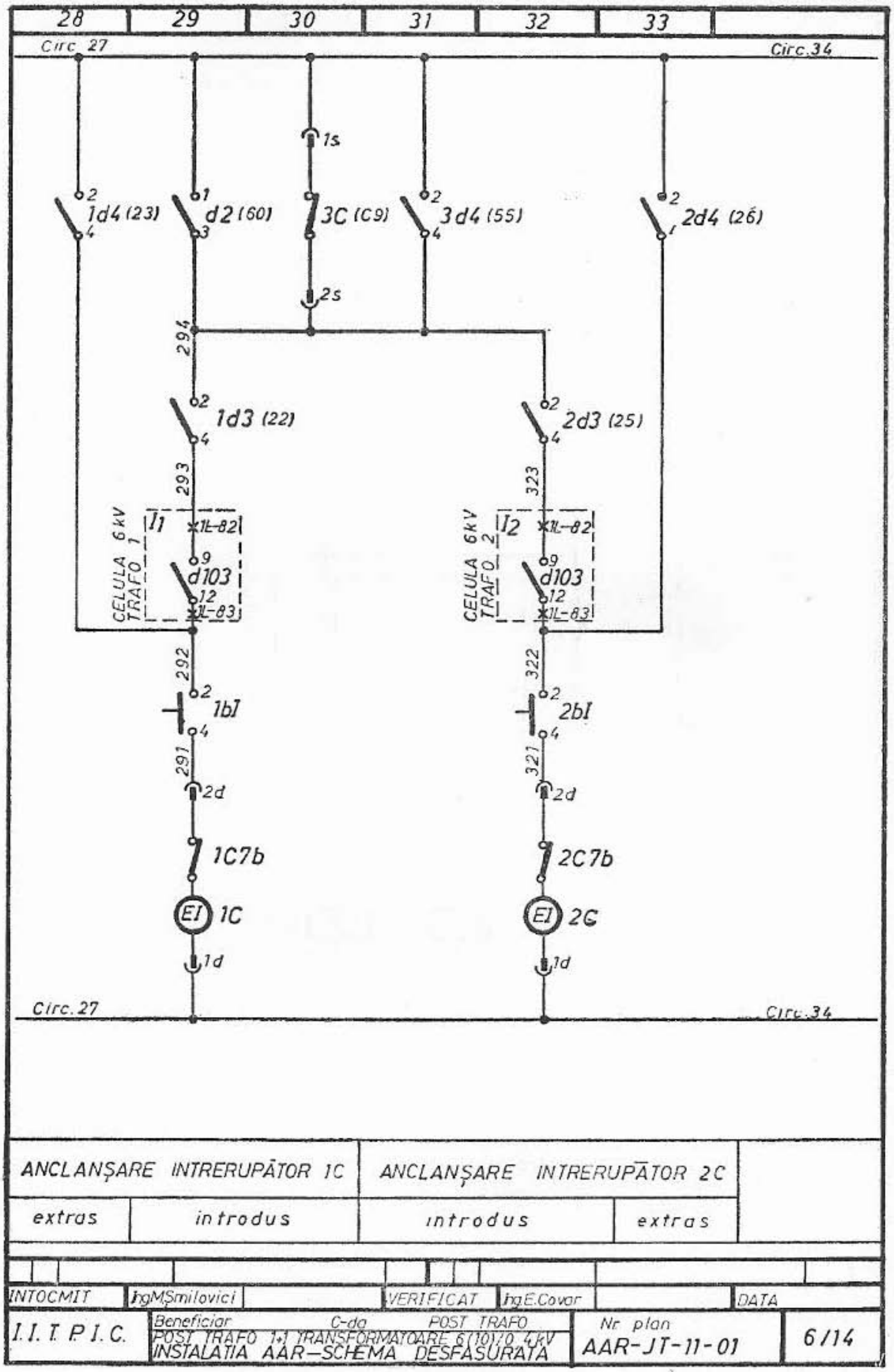
8
9
10
11
12
13
14
2d8
2d9
2eR
2eS
2eT
La circ 3
La circ 6
2rR
2rS
2rT
2Δ2
3Δ2
2efR
2efS
2efT
e2
R2
S2
T2
N
74
74
20
20
20
SECTIA a-II-a DE BARE
Control siguranțe
Control tensiune pe bare – Secția – a-II-a
Ur = 0,65 Un
INTOCMIT
Ing M.Smilovici
VERIFICAT
Ing E.Covor
DATA
I.I.T.P.I.C
Beneficiar
C-da
POST TRAFO
POST TRAFO 1,1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4 kV
INSTALATIA AAR – SCHEMA DESFASURATA
Nr plan
AAR-JT-11-01
3/14

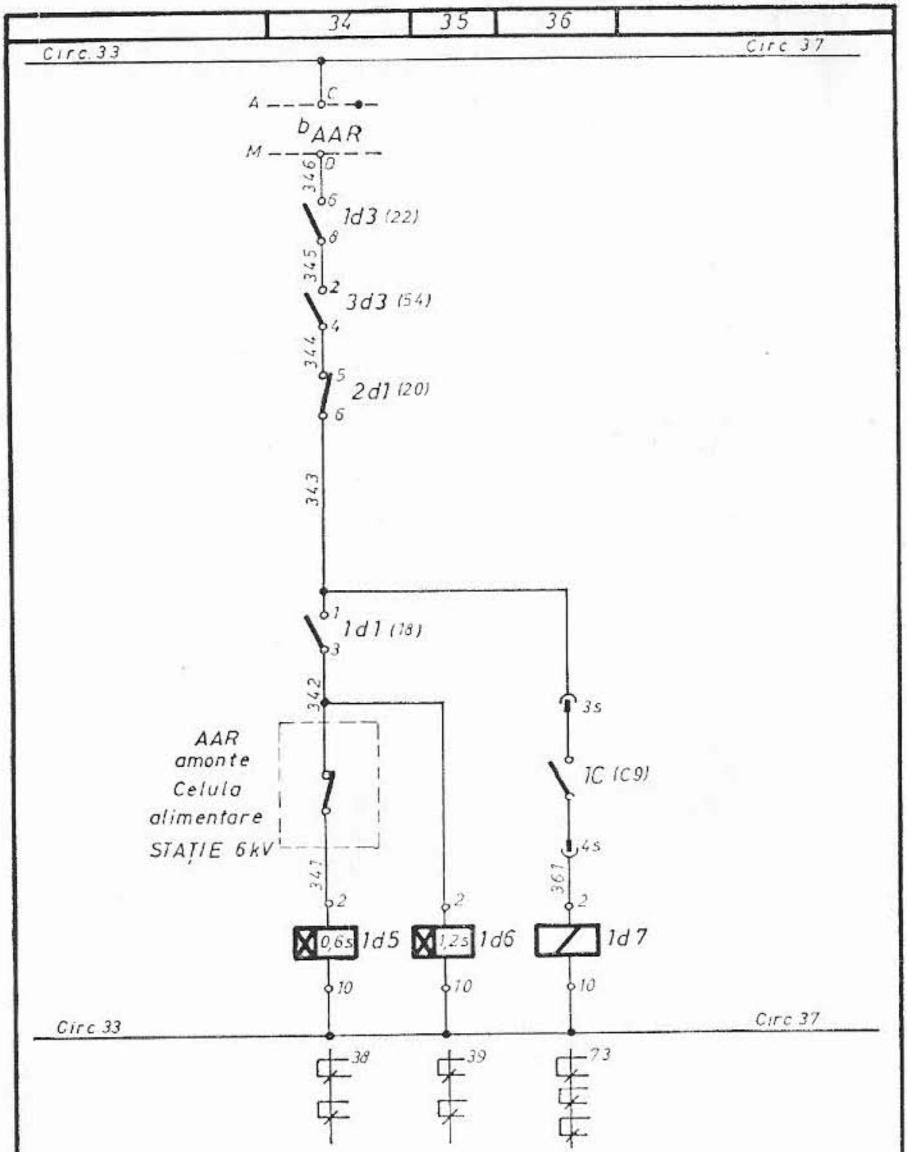

15
16
17
18
19
20
21
Circ. 22
d1(16)
1eR (3)
2eR (10)
1eS (4)
2eS (11)
1eT (5)
2eT (12)
e1
e2
R1
R2
SECȚIA I
SECȚIA II
N
d1
1d1
2d1
Circ 22
SESIZARE TENSIUNE MINIMĂ
Alimentare barete
A A R
SECȚIA -I-a
SECȚIA a-II-a
U < 0,65 Un
U < 0,65 Un
INTOCMIT
Ing.M.Smilovici
VERIFICAT
Ing.E.Covar
DATA
I.I. T. P. I. C.
Beneficiar C-da POST TRAFO
POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV.
INSTALAȚIA AAR- SCHEMA DESFĂȘURATĂ
Nr plan
AAR-JT-11-01
4/14



INTRERUPĂTOR 1C			INTRERUPĂTOR 2C		
Poziție întrerupător		Armare resoarte	Poziție întrerupător		Armare resoarte
Introdus	Extras		Introdus	Extras	

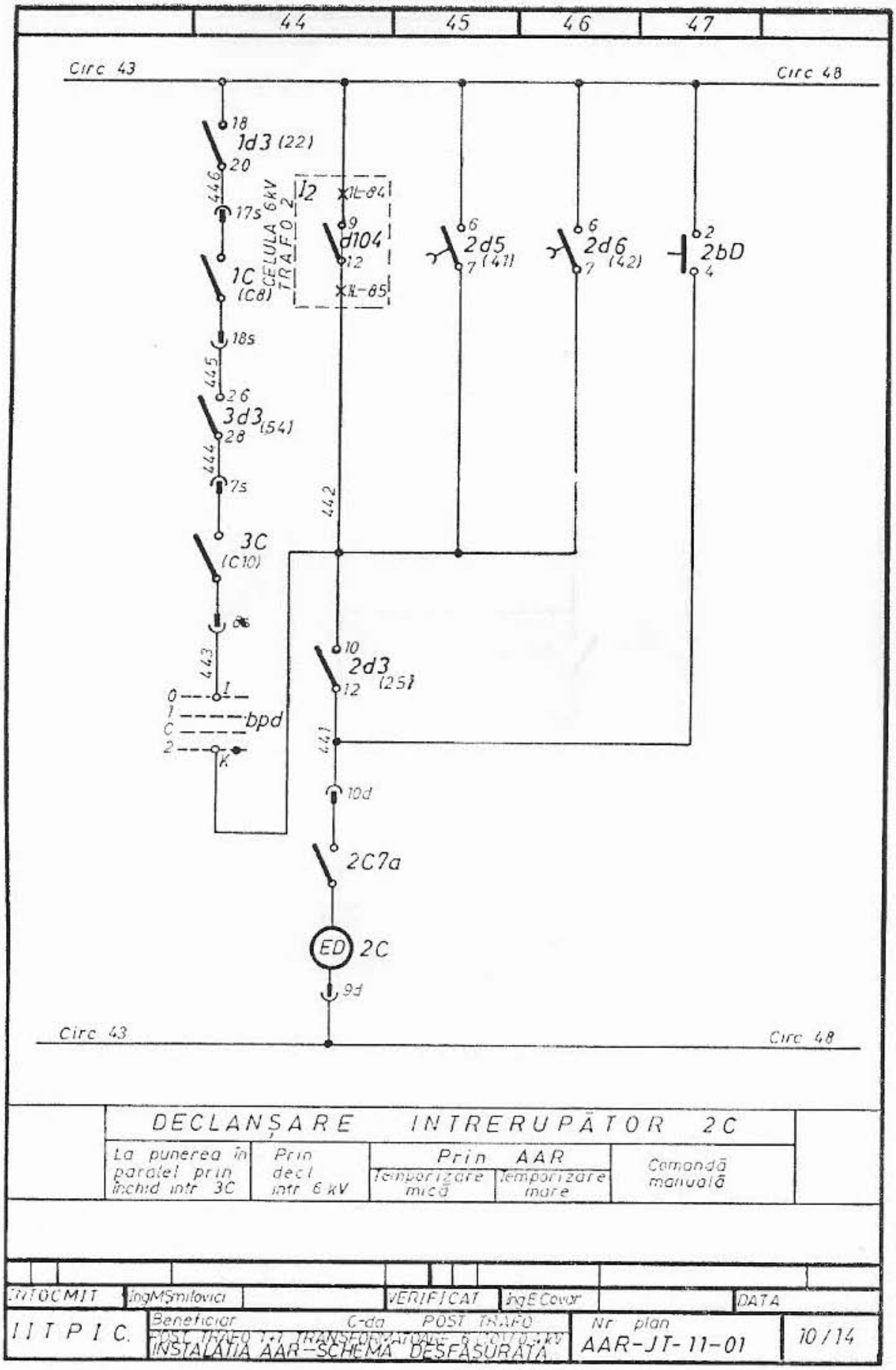
INTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar		DATA
I.I T P I C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV INSTALAȚIA AAR-SCHEMA DESFĂȘURATĂ		Nr plan AAR-JT-11-01		5/14


28
29
30
31
32
33
Circ. 27
Circ.34
1s
1d4 (23)
d2 (60)
3C (C9)
3d4 (55)
2d4 (26)
2s
294
1d3 (22)
2d3 (25)
293
323
CELULA 6kV TRAFO 1
CELULA 6kV TRAFO 2
I1
I2
1L-82
d103
1L-83
292
322
1bI
2bI
291
321
2d
1C7b
2C7b
EI
1C
2C
1d
Circ. 27
Circ.34
ANCLANȘARE INTRERUPĂTOR 1C
ANCLANȘARE INTRERUPĂTOR 2C
extras
introdus
introdus
extras
INTOCMIT
Ing.M.Smilovici
VERIFICAT
Ing.E.Covor
DATA
I.I.T. P.I.C.
Beneficiar
C-da
POST TRAFO
POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV
INSTALAȚIA AAR–SCHEMA DESFĂȘURATĂ
Nr. plan
AAR-JT-11-01
6/14

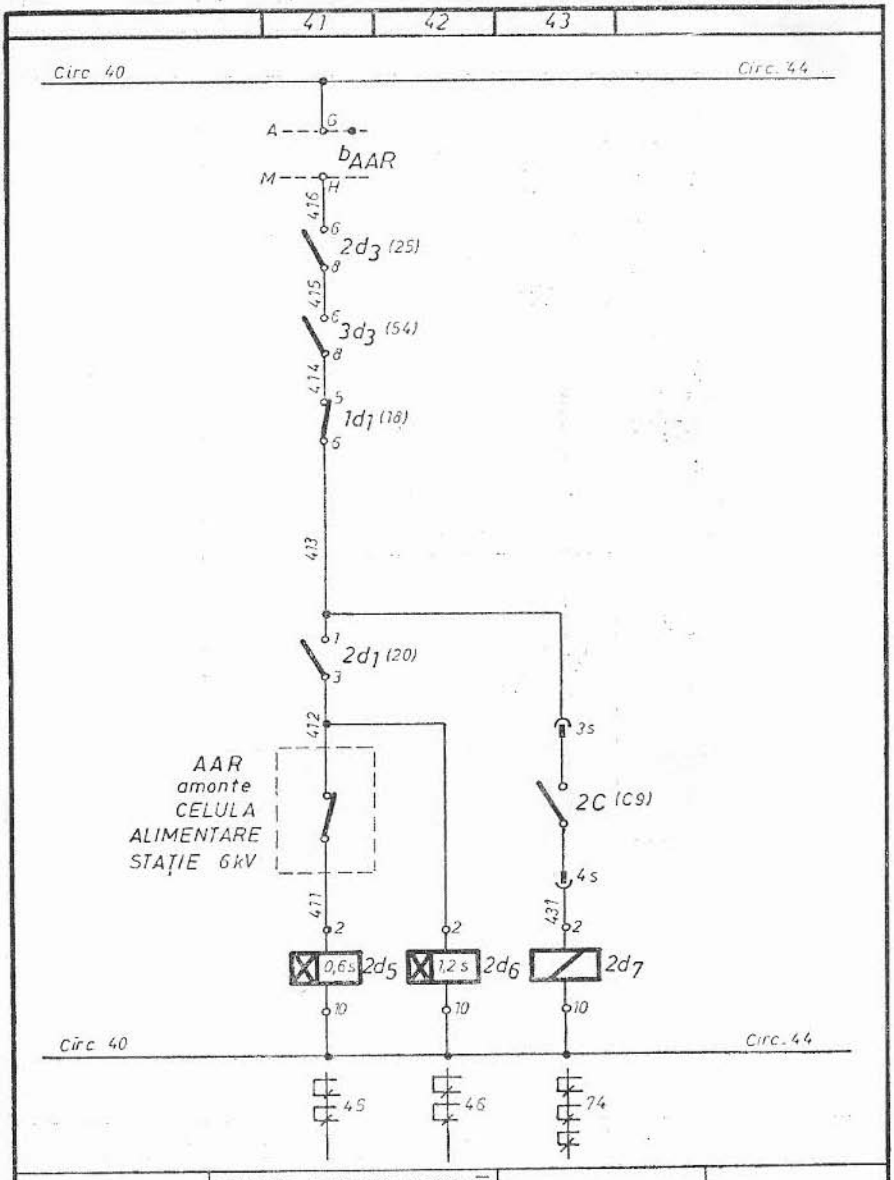


	CONDIȚII AAR PE SECȚIA I		Control circuite de comandă AAR pe SECȚIA I
	Temporizare mică	Temporizare mare	

INTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4 kV INSTALAȚIA AAR-SCHEMA DESFĂȘURATĂ	Nr. plan AAR-JT-11-01	7/14	

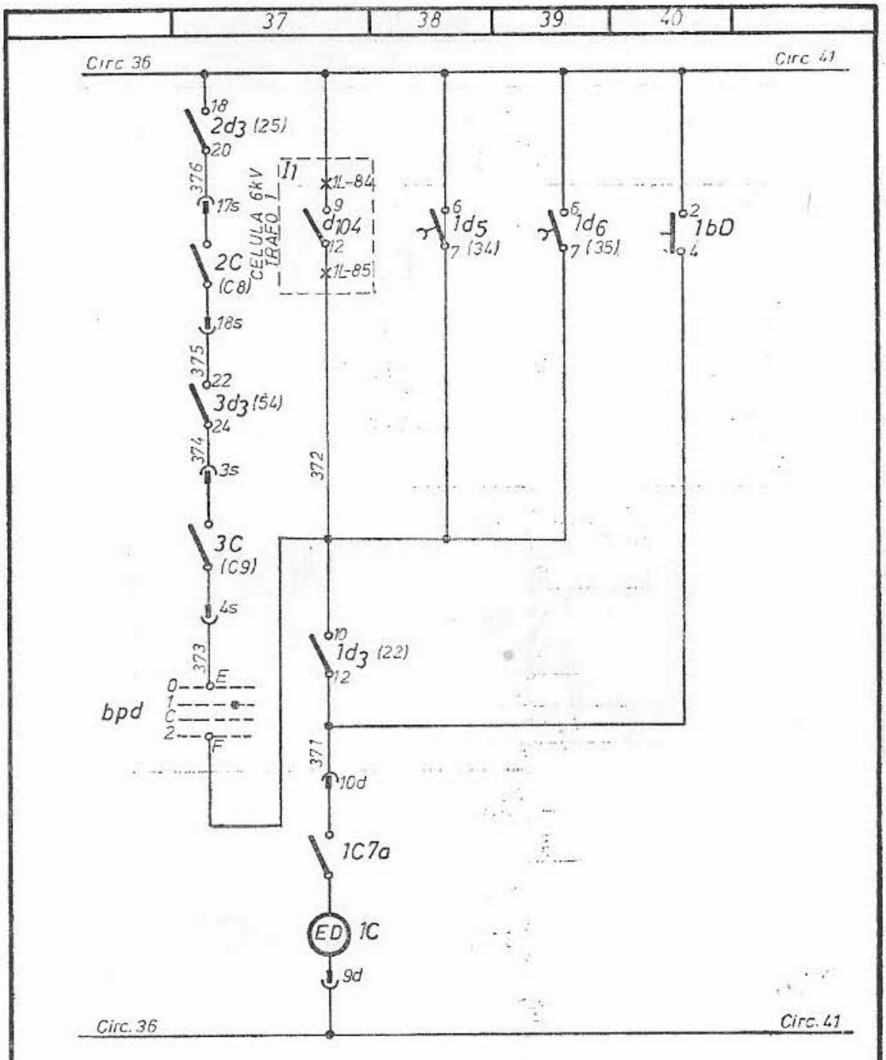


44
45
46
47
Circ 43
Circ 48
18
1d3 (22)
20
446
17s
CELULA 6kV
TRAFO 2
1C
(C8)
18s
445
26
3d3 (54)
28
444
7s
3C
(C10)
443
0
1
C
2
I
bpd
K
I2
1L-84
9
d104
12
1L-85
442
10
2d3
(25)
12
441
10d
2C7a
ED
2C
9d
6
2d5
7 (41)
6
2d6
7 (42)
2
2bD
4
Circ 43
Circ 48
DECLANȘARE INTRERUPĂTOR 2C
La punerea în paralel prin închid intr 3C
Prin decl intr 6 kV
Prin AAR
Temporizare mică
Temporizare mare
Comandă manuală
ÎNTOCMIT
IngMȘmilovici
VERIFICAT
IngE Covar
DATA
IITPIC.
Beneficiar
C-da POST TRAFO
INSTALAȚIA AAR–SCHEMA DESFĂȘURATĂ
Nr plan
AAR-JT-11-01
10/14



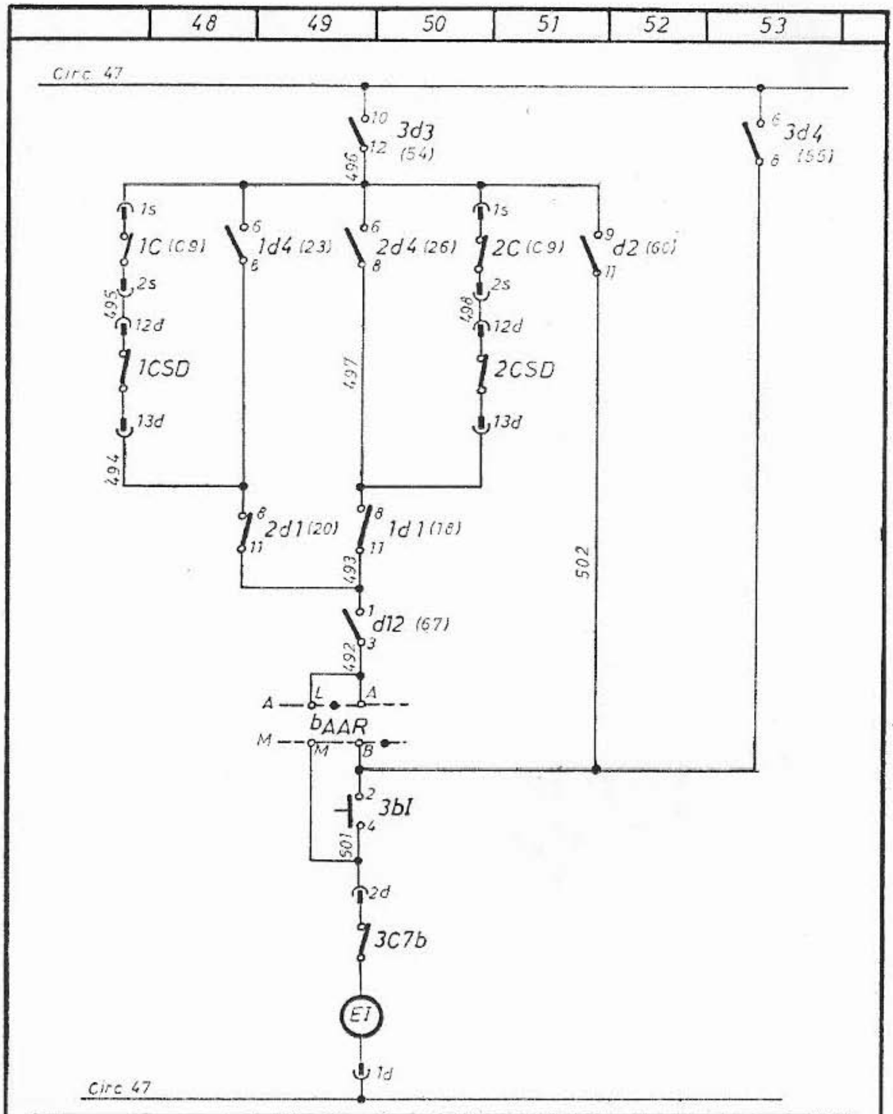
CONDIȚII AAR PE SECȚIA II		Control circuite de comandă AAR pe secția II
Temporizare mică	Temporizare mare	

ÎNTOCMIT	ing.M.Smilovici	VERIFICAT	ing.E.Covar		DATA
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4 kV INSTALAȚIA AAR - SCHEMA DESFĂȘURATĂ		Nr. plan AAR-JT-11-01		9/14



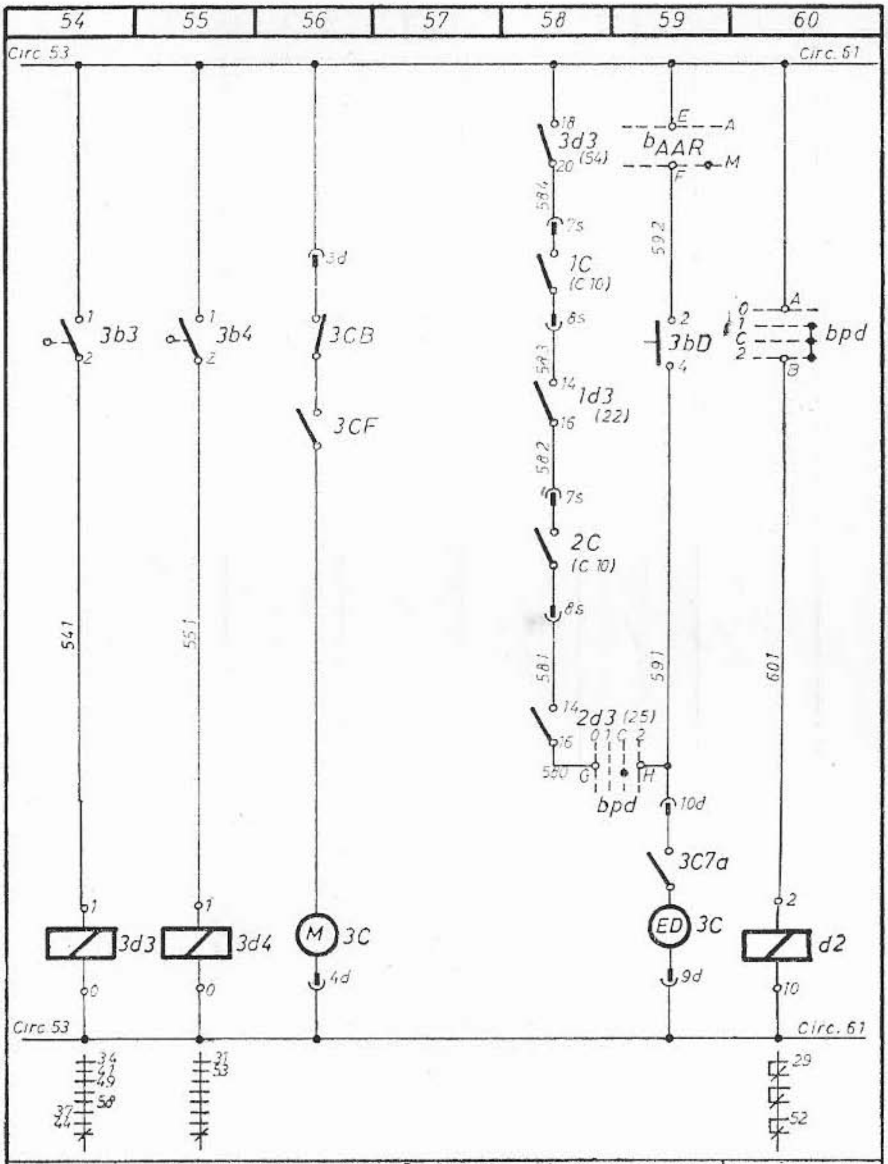
Declanșare întrerupător: 1C				
La punerea în paralel prin închiderea intr. 3C	Prin decl. intr. 6 (10) kV	Prin AAR		Comandă manuală
		Temporizare mică	Temporizare mare	

INTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA:
I.I. T. P. I. C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4 kV INSTALAȚIA AAR-SCHEMA DESFĂȘURATĂ	Nr. plan AAR-JT-11-01	8/14	



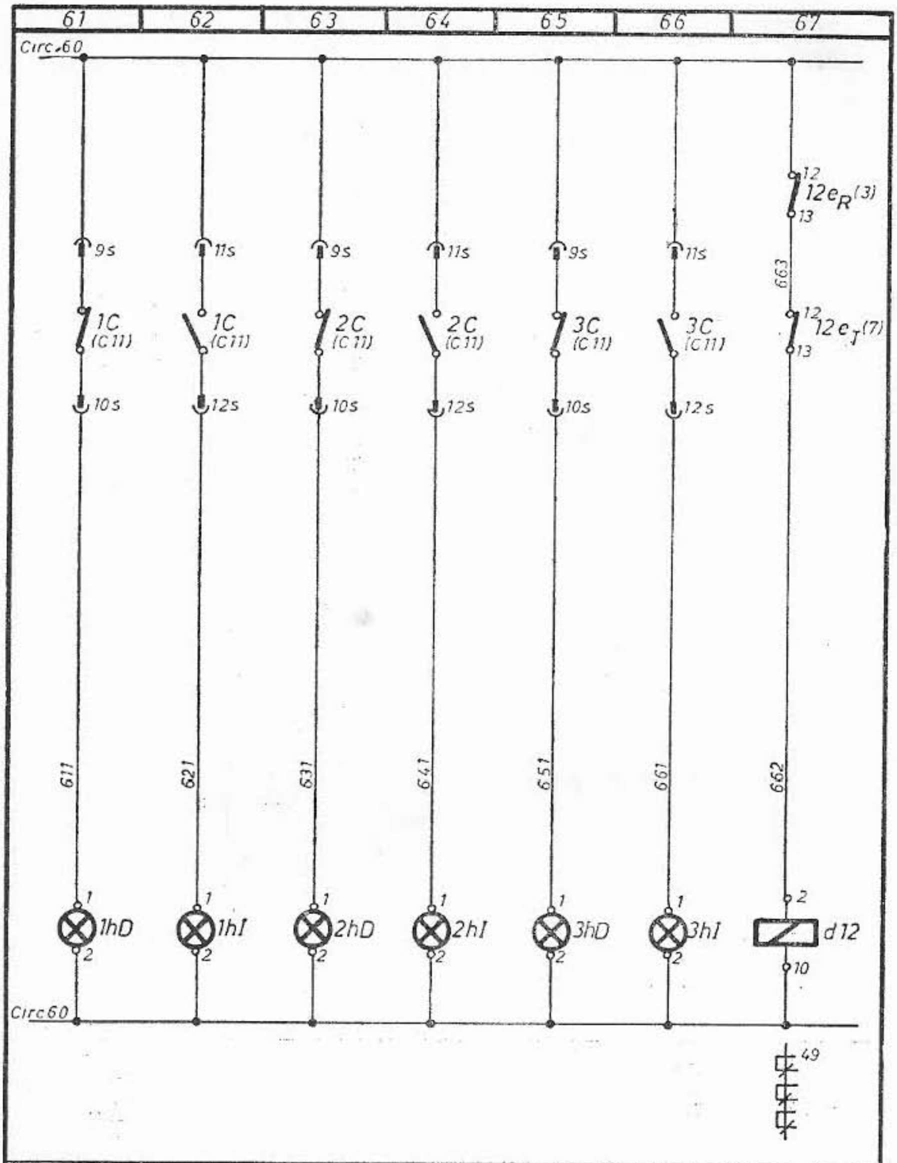
ANCLANȘARE ÎNTRERUPĂTOR 3C		
Pe poziția „Introdus"		Pe poziția „Extras"
Prin AAR	Comandă manuală	

ÎNTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA
I.I.T.P.I.C	Beneficiar C-ca POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV INSTALAȚIA AAR – SCHEMA DESFĂȘURATĂ	Nr. plan AAR-JT-11-04	11/14	



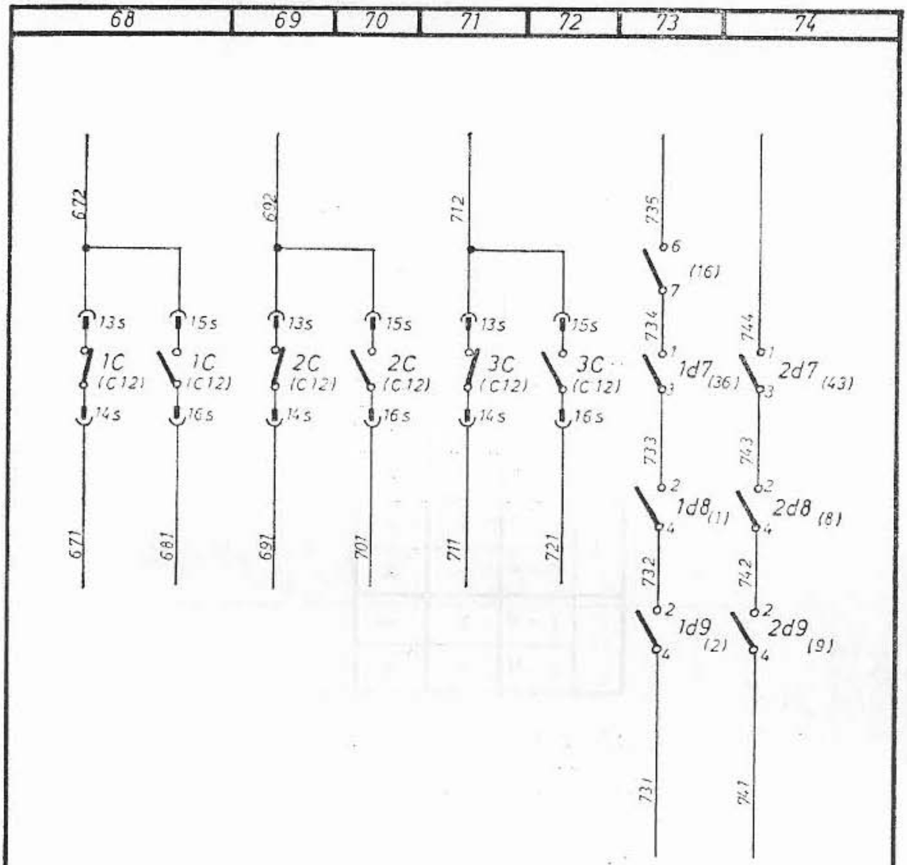
INTRERUPĂTOR 3C					Multiplicarea contactului cheii „bpd"
Poziție întrerupător		Armare resoarte	Declanșare		
Introdus	Extras		Comenzi automate	Comandă manuală	

INTOCMIT	Ing.M.Şmilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA	
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV INSTALAȚIA AAR — SCHEMA DESFĂȘURATĂ		Nr. plan AAR-JT-11-01	12/14	



SEMNALIZARI DE STARE						
INTRERUPĂTOR 1C		INTRERUPĂTOR 2C		INTRERUPĂTOR 3C		
Declanșat	Anclanșat	Declanșat	Anclanșat	Declanșat	Anclanșat	Multiplicare contacte

INTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E Covor	DATA	
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV INSTALATIA AAR-SCHEMA DESFĂȘURATĂ		Nr. plan AAR-JT-11-01	13/14	

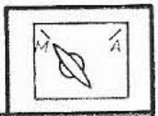


SEMNALIZĂRI LA DISTANȚĂ				
Poziție întrerupătoare			Funcționare normală	
1C	2C	3C	SECȚIA I	SECȚIA II

ÎNTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covar	DATA
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6,3/10/0,4kV INSTALAȚIA AAR - SCHEMA DESFĂȘURATĂ		Nr. plan AAR-JT-11-01	14/14

DIAGRAMA CHEII b_{AAR}

cod 9785.3.2.03.02



CAMA	CONTACT	POZITIA MANUAL(M)	POZITIA AUTOMAT(A)
1	A − B	×	—
	C − D	—	×
2	E − F	×	—
	G − H	—	×
3	I − K	×	—
	L − M	—	×

DIAGRAMA CHEII bpd

cod 9841.32.03.04

1 C / 0 − 2	0	1	C	2
A − B	—	×	×	×
C − D	×	—	—	—
E − F	—	×	—	—
G − H	—	—	×	—
I − K	—	—	—	×
L − M	×	—	—	—

INTOCMIT	Ing.M.Smilovici	VERIFICAT	Ing.E.Covor	DATA
I.I.T.P.I.C.	Beneficiar C-da POST TRAFO POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE 6(10)/0,4kV - INSTALATIA AAR-DIAGRAME CHEI DE C-DĂ		Nr. plan AAR-JT-11-02	1/1

NR CRT	SIMBOL	DENUMIREA	CARACTERISTICI TEHNICE	TIP–COD	FURNIZOR	BUC	OBSERVATII
1	$1e_R, 1e_S, 1e_T$ $2e_R, 2e_S, 2e_T$	Releu minimal de tensiune	60 — 120 V contact normal închis	RT-4 s RS 72628 B	I. R. Mediaș	6	Cu priză CF 16C RS71943C
2	$d_1, d_2, d_{12}, 1d_1$ $1d_7, 2d_1, 2d_7$	Releu intermediar	220 V, 50 Hz	RI – 13 B RS 72 500 B	I. R. Mediaș	7	Cu priză CF 11 cod RS 72504
3	$1d_3, 1d_4, 2d_3$ $2d_4, 3d_3, 3d_4$	Contactor de comandă	220 V, 50 Hz	A8 – 71 8102	E A	6	
4	$1d_8, 1d_9$ $2d_8, 2d_9$	Contactor de comandă	380 V, 50 Hz, 6A	A8 – 44 8102	E A	4	
5	$1d_5, 2d_5$	Releu de timp cu temporizare la acționare	220 V, 50 Hz 0,1 ÷ 1 sec	MET 13.1 RS73500 BGR	I. R. Mediaș	2	Cu priză CF 11 cod RS 72 504
6	$12r_R, 12r_T$	Rezistență	39 kΩ, 8 W	RBC 1008	I.C.E.P. Curtea de Argeș	2	
7	$1r_R; 1r_S; 1r_T$ $2r_R; 2r_S; 2r_T$	Rezistență	15 kΩ, 8 W	RBC 1008	I.C.E.P. Curtea de Argeș	6	
8	3L	Conectoare de legătură	16 A	509	IAEI – TITU	100	
9	$12e_R; 12e_T$	Releu minimal de tensiune	60 — 120 V contact normal închis	RT-4 s RS 72628 B	I. R. Mediaș	2	Cu priză CF16 cod RS71794 C
10	$1d_6, 2d_6$	Releu de timp cu temporizare la acționare	220 V, 50 Hz 0,3 ÷ 3 sec	MET – 13.1 RS 73500 BGA	I. R. Mediaș	2	Cu priză CF11 cod RS 72 504

NOTA:

INTOCMIT: Ing. M. Smilovici	VERIFICAT: Ing. E. Covor		DATA:
COMANDA:	BENEFICIAR:		PROIECT NR.
IITPIC SECTIA INSTALATII ELECTRICE	CIRCUITE SECUNDARE DULAP AAR POST TRAFO 1+1 TRANSFORMATOARE SCHEMA AAR — SPECIFICAȚIE APARATAJ	PLAN NR. AAR – JT – 11 – 03	FILA 1/1

NR CRT	SIMBOL	DENUMIREA	CARACTERISTICI TEHNICE	TIP–COD	FURNIZOR	BUC.	OBSERVATII
1	b_{AAR}	Cheia de comandă AAR	380V, 50Hz, 16A	9785.3.2.03.02	ECB	1	Cu 2 poziții: Manual – Automat
2	bpd	Comutator C 16 cu blocare mecanică	380V, 50Hz, 16A	9841.3.2 03.04	ECB	1	
3	$1ef_{RST}$, $2ef_{RST}$ $e_1, e_2, 11ef_R, 22ef_R$	Siguranțe fuzibile cu mare putere de rupere	SOCLU SIST 101 fuzibil NT00-6A	NH 101	IAEI – TITU	12	
4	1bI, 1bD, 2bI, 2bD, 3bI, 3bD	Buton de comandă cu revenire	220V, 50Hz, 1A	650	IAEI – TITU	6	nbI – verde nbD – roșu n = 1,2,3
5	1hI, 1hD, 2hI, 2hD, 3hI, 3hD	Lampă de semnalizare	220V, 50Hz, 5W	649	IAEI TITU	6	nhI – roșu nhD – verde n = 1,2,3

NOTA:

INTOCMIT Ing. M. Smilovici | VERIFICAT Ing. E. Covar | DATA:

COMANDA: | BENEFICIAR: | PROIECT NR.

IITPIC SECTIA INSTALATII ELECTRICE

CIRCUITE SECUNDARE IN TABLOUL GENERAL JOASA TENSIUNE – POST TRAFO 1•1 – TRANSFORMATOARE – SCHEMA AAR

SPECIFICATIE APARATAJ

PLAN NR AAR–JT–11–04

FILA 1/1

XIII. SEMNALIZĂRI CENTRALIZATE ÎN SISTEMELE ELECTROENERGETICE UZINALE DIN INDUSTRIA CHIMICĂ

Ing. EMILIAN ŞUŢA
I.I.T.P.I.C. — Bucureşti

GENERALITĂŢI

În sistemele electroenergetice uzinale din industria chimică, semnalizările centralizate se împart în două mari categorii şi anume:

— semnalizări pentru regimuri normale de funcţionare;

— semnalizări pentru regimuri anormale de funcţionare.

În cele ce urmează, pentru unele exemplificări se va folosi schema de circuite secundare aferente unei celule de motor de medie tensiune, plan nr. 242-MD-01.

1. SEMNALIZĂRI PENTRU REGIMURI NORMALE DE FUNCŢIONARE

În aceste regimuri, se folosesc de obicei semnalizări de poziţie, realizate fie în camere de comandă special destinate acestui scop, fie în camere AMC. În ultimul caz, semnalizările respective sînt combinate cu semnalizările tehnologice.

Ele evidenţiază, de regulă, următoarele situaţii ale unui aparat de conectare:

— poziţia declanşat;

— poziţia anclanşat;

— poziţia declanşat sau anclanşat necomandată voit din punctul de comandă central respectiv.

Situaţiile de mai sus se realizează în special prin culori diferite ale unor lămpi de semnalizare, prin poziţiile cheii de comandă cu lampă inclusă şi prin pîlpîirea lămpilor incluse în cheile de comandă.

Funcţie de condiţiile locale, semnalizările de poziţie se referă de obicei la întreruptoare automate de diverse tensiuni şi la separatoare.

În celula de motor de medie tensiune luată ca referinţă (plan nr. 242-MD-01), avîndu-se în vedere faptul că întreruptoarele automate sînt debroşabile, pentru semnalizarea la distanţă a poziţiei întreruptorului sînt scoase la şirul de cleme următoarele contacte:

— Contactul 3—5 al releului d 103 (circuitul 39) pentru semnalizarea poziției „anclanșat" a întreruptorului. Contactul respectiv se închide în momentul în care întreruptorul este anclanșat pe poziția „introdus", respectiv cînd circuitul primar este făcut.

— Contactul 3—5 al releului d 104 (circuitul 39) pentru semnalizarea poziției „declanșat" a întreruptorului. Contactul respectiv se închide în momentul în care întreruptorul este declanșat sau indiferent de poziția acestuia, dacă este „extras" de pe poziția de lucru. Rezultă că închiderea contactului se realizează cînd circuitul primar, în care este intercalat întreruptorul, este întrerupt.

Semnalizările centralizate în cazul regimurilor normale de funcționare diferă foarte mult în industria chimică de la o platformă industrială la alta și din acest motiv nu pot fi tipizate. De fiecare dată, cînd sînt necesare astfel de semnalizări, se întocmesc proiecte unicat.

2. SEMNALIZĂRI PENTRU REGIMURI ANORMALE DE FUNCȚIONARE

În regimurile respective se folosesc următoarele categorii de semnalizări centralizate:

— semnalizări de avarie;
— semnalizări preventive;
— semnalizări speciale.

Pentru aceste semnalizări, în industria chimică a fost tipizat un panou de semnalizări centrale PSC (plan nr. PSC-01), ce se amplasează de regulă într-o cameră de comandă cu personal permanent de supraveghere.

2.1. SEMNALIZĂRI DE AVARIE

Aceste semnalizări sînt utilizate cel mai frecvent pentru declanșarea automată a întreruptoarelor de medie tensiune.

În stațiile de medie tensiune 6...20 kV, este formată bareta Q(Z)BSA care se pune sub tensiune (primește potențial pozitiv) în momentul în care unul din întreruptoarele stației declanșează datorită impulsului dat prin releul de culegere a protecțiilor din celula respectivă.

Punerea sub tensiune a baretei Q(Z)BSA este de scurtă durată și se realizează din bareta Q(Z)BSC (plan nr. 242-MD-01, circuitul 35). În momentul în care bobina releului de culegere a protecțiilor d 107 A este pusă sub tensiune, se transmite comanda de declanșare a întreruptorului, iar contactul 3—5 al releului d 107 A se închide. Declanșarea întreruptorului duce la închiderea pentru scurt timp a contactului pasager 27—28 al comutatorului de semnalizare b 122, ce este acționat de întreruptor. Bareta Q(Z)BSA primește în acest fel potențialul pozitiv de la bareta Q(Z)BSC.

În momentul punerii sub tensiune a baretei Q(Z)BSA este acționat releul d 103 (vezi planul PSC-01, circuitele 10 și 23), care prin închiderea contactului 10—13 (circuitul 13) duce la semnalizarea acustică prin claxonul h 301 (cir-

cuitul 13). Semnalul respectiv este automenţinut prin contactul 9—12 al releului d 103 (circuitul 11). Anularea semnalului acustic prin claxon, se face cu butonul b 101 (circuitul 11), după ce personalul de exploatare a fost informat asupra incidentului, iar proba acestuia se face prin butonul b 103 (circuitul 12).

Semnalul acustic de avarie este comun pentru întreaga cameră de comandă şi serveşte la diferenţierea semnalizărilor de avarie de alte semnalizări.

Semnalizarea optică individuală a elementului care a declanşat prin protecţie, se realizează în staţia de medie tensiune astfel:

— prin pîlpîirea lămpii incluse în cheia de comandă a întreruptorului care a declanşat (plan nr. 242-MD-01, circuitul 34) în cazul în care celula respectivă este prevăzută cu o astfel de cheie;

— prin aprinderea lămpii de semnalizare h 104 (plan nr. 242-MD-02, circuitul 34), dacă celula este prevăzută cu butoane de comandă pentru comanda întreruptorului.

Semnalul optic poate fi menţinut un timp mai îndelungat, întreruperea lui făcîndu-se individual.

Schemele celulelor de medie tensiune asigură în toate cazurile şi semnalizarea funcţionării fiecărui tip de protecţie, prin clapeta de semnalizare, care cade datorită funcţionării protecţiei şi duce în acelaşi timp la semnalizarea preventivă de clapetă neridicată, prin bareta Q(Z)BCN (plan nr. 242-MD-02, circuitul 38).

2.2. SEMNALIZĂRI PREVENTIVE

Semnalizările preventive au ca scop avertizarea acustică şi optică a personalului de exploatare asupra abaterii de la regimul normal de funcţionare, abatere ce poate conduce în timp la situaţii de avarie.

2.2.1. SEMNALIZAREA ÎNTRERUPERII CIRCUITELOR DE COMANDĂ

În staţiile de medie tensiune de 6...20 kV este formată bareta Q(Z)BSP (plan nr. 242-MD-01, circuitul 36), care este pusă sub tensiune în momentul în care există o întrerupere a circuitelor de comandă, atît pe poziţia „introdus", cît şi pe poziţia „extras" a căruciorului cu întreruptor din celulă.

În cazul existenţei unei astfel de întreruperi în circuitele de anclanşare sau declanşare ale întreruptorului, cînd întreruptorul este pe poziţia „declanşat", respectiv „anclanşat", releul d 101 şi unul din releele d 102 şi d 102 A sînt simultan dezexcitate, iar contactele 3—4 ale acestora (circuitele 36 şi 37) sînt închise. Dacă fişa b 1, care cuplează circuitele secundare ale întreruptorului, este introdusă în priză, bareta Q(Z)BSP primeşte potenţial pozitiv de la bareta Q(Z)BSC.

În acest moment, bobina releului de timp d 201 (plan nr. PSC-01, circuitul 22) este pusă sub tensiune. După trecerea temporizării respective, se închide contactul 11—12 (circuitul 23) al releului d 201, se pun sub tensiune bobina releului de semnalizare prin impulsuri d 301 (circuitul 17) şi cele două lămpi

montate în paralel ale casetei de semnalizare h 201 (circuitul 23), comutatorul b 100 fiind pe poziția de lucru.

Releul d 301 sesizează creșterea curentului de intrare și își închide contactul de ieșire 15—16 (circuitul 19), care pune sub tensiune bobina releului d 104 (circuitul 21).

Prin construcție, releul d 301 își închide contactul 15—16 (circuitul 19) cînd pe bobina 10—11 (circuitul 17) este sesizată o creștere a curentului de intrare cu o treaptă $\Delta\ I_{min}$. La dispariția semnalului, releul rămîne anclanșat. Pentru revenire, se aplică la borna de anulare 9 (circuitul 18) tensiunea $+U_n$, intrarea de anulare fiind prioritară față de intrarea de curent.

Contactul 3—5 al releului d 104 (circuitul 5) duce la semnalizarea acustică prin soneria h 302 (circuitul 5), iar contactul 9—12 (circuitul 18) al aceluiași releu pune sub tensiune bobina de anulare a releului d 301 (circuitul 8), pe care îl readuce astfel automat la situația inițială, pentru a primi un nou impuls. Releul d 104 se automenține prin contactul 10—13 (circuitul 21).

Semnalul acustic de prevenire prin sonerie este unic pentru întreaga cameră de comandă și diferit de semnalul acustic de avarie.

Anularea semnalului acustic se face prin butonul b 101, după ce personalul de exploatare a fost informat de incidentul respectiv, deschiderea contactului 7—9 (circuitul 21) al acestuia, ducînd la scoaterea de sub tensiune a releului d 104, al cărui contact 3—5 (circuitul 5) se deschide. Închiderea contactului 2—4 (circuitul 8) al butonului b 101 nu are nici un efect, deoarece circuitul pe care acesta îl poate închide, este întrerupt prin contactul 3—5 (circuitul 5) al releului d 104.

Rolul acestui contact al butonului b 101 va fi descris la capitolul 2.2.3.

Temporizarea impulsurilor ce vin la PSC prin intermediul baretei Q(Z)BSP și realizată prin releul d 201 (circuitele 23 și 24) este necesară datorită faptului că bobinele releelor d 101 și d 102, respectiv d 102 A (plan nr. 242-MD-01, circuitele 11 și 12), din celulele de medie tensiune, care supraveghează circuitele de anclanșare și declanșare ale întreruptorului, pot fi simultan, pentru scurt timp, fără tensiune. Acest lucru are loc la trecerea căruciorului cu întreruptor de pe poziția „extras" pe poziția „introdus" și invers (datorită limitatoarelor de cursă 1 bo și 2 bo din circuitele 29 și 31 care au contactele 2—4 și 1—3 pentru scurt timp, simultan, deschise) precum și la schimbarea poziției întreruptorului de la „declanșat" la „anclanșat" și invers (datorită contactelor 10—32 și 14—39 ale comutatoarelor de semnalizare b 122 din circuitele 09 și 14, care se află pentru foarte scurt timp, simultan, deschise). În acel timp relativ scurt, bareta Q(Z)BSP primește tensiune și fără temporizarea respectivă s-ar obține în mod eronat o semnalizare preventivă.

Întreruperea circuitelor de comandă din stația de 6...20 kV este semnalizată optic prin caseta de semnalizare h 201 (circuitul 23), aceasta fiind o semnalizare generală.

Semnalizarea individuală pentru fiecare celulă se face prin:

— lampa inclusă în cheia de comandă b 041 de pe celulă (plan nr. 242-MD-01, circuitul 34), atunci cînd comanda întreruptorului se face prin cheie de comandă;

— lampa h 103 de pe celulă (plan nr. 242-MD-02, circuitul 34) atunci cînd comanda întreruptorului se face prin butoane de comandă.

În ambele cazuri, se constată că la verificarea tuturor lămpilor din stație prin comutatorul de încercare lămpi, una din lămpi este stinsă și anume aceea care se află pe celula ce are circuitele de comandă întrerupte.

Proba releului de semnalizare prin impulsuri d 301 și implicit a semnalizării acustice preventive se face prin butonul b 102 (circuitul 14) și caseta de semnalizare h 200 (circuitul 14).

Încercarea lămpilor incluse în casetele de semnalizare h 201 ÷ h 230 se face prin trecerea cheii b 100 (plan nr. PSC-01, circuitele 16 ÷ 18) pe poziția de probă. În această situație, cele două barete notate cu F și G sînt alimentate direct la tensiunea nominală, fiecăruia din lămpile incluse în casete, aplicîndu-i-se o tensiune egală cu jumătate din tensiunea nominală. Dacă una din lămpile unei casete este arsă, atunci ambele lămpi din caseta respectivă vor fi stinse, ele fiind legate în serie.

2.2.2. SEMNALIZAREA „CLAPETĂ NERIDICATĂ"

În cazul în care unul sau mai multe relee de semnalizare, care indică fiecare funcționarea unei anumite protecții, au clapetele căzute, bareta „clapeta neridicată" Q(Z)BCN primește potențial pozitiv de la bareta Q(Z)BSC (plan nr. 242-MD-01, circuitul 38).

În panoul PSC, aceasta duce la semnalizarea acustică preventivă prin soneria h 302 (circuitul 5) și semnalizarea optică generală prin caseta de semnalizare h 202 (circuitul 25).

Semnalizarea acustică generală se anulează de către personalul de exploatare conform celor menționate la capitolul 2.1, iar semnalizarea optică (lampa h 202) prin ridicarea clapetei căzute în stație.

2.2.3. SEMNALIZAREA „ARDERE SIGURANȚE ÎN PSC"

La arderea uneia din siguranțele e 101 și e 102 (circuitul 2), bobina releului d 101 (circuitul 3) rămîne fără tensiune. Contactele 8—11 și 6—9 (circuitul 7) ale releului d 101 se închid și duc la semnalizarea acustică prin soneria h 301 (circuitul 5).

Personalul de exploatare poate deosebi semnalizarea arderii siguranțelor de celelalte semnalizări preventive, prin stingerea lămpii h 101 (circuitul 4).

În cazul funcționării oricăreia din celelalte semnalizări, lampa h 101 este aprinsă, dar în același timp se aprind lămpile din cel puțin una din casetele de semnalizare h 201 ÷ h 230.

Anularea semnalului acustic se face cu butonul b 101 (contact 2—4, circuitul 8), prin care se pune sub tensiune bobina releului d 102 (circuitul 8). Contactul 8—11 al releului d 102 (circuitul 5) se deschide și întrerupe alimentarea soneriei h 302.

Din cele arătate pînă acum și din analiza schemelor de circuite secundare pentru celulele de medie tensiune se pot menționa unele aspecte generale privind proiectarea panoului de semnalizări centrale PSC, după cum urmează:

— Baretele Q(Z)BSA, Q(Z)BSP și Q(Z)BCN primesc în toate cazurile potențialul pozitiv prin bareta Q(Z)BSC în celulele de medie tensiune.

— Bareta Q(Z)BSC din stațiile de medie tensiune este alimentată din panoul PSC, circuitul respectiv fiind protejat prin siguranțele e 101 și e 102.

— Pe circuitele din celulele de medie tensiune, ce se alimentează din bareta Q(Z)BSC nu sînt prevăzute siguranțe, ci dispozitive de deconectare (simbol b 800, plan nr. 242-MD-01, circuitul 35). Rezultă că toate circuitele de semnalizare respective sînt protejate prin siguranțele e 101 și e 102 din PSC, care sînt controlate, asigurîndu-se în acest fel o siguranță maximă pentru aceste circuite.

— Proba semnalelor acustice prin claxonul h 301 și soneria h 302 se face printr-un singur buton selector (b 102) cu trei poziții, din care cele două poziții laterale sînt cu revenire. Pe poziția cu revenire din dreapta se verifică claxonul, iar pe poziția cu revenire din stînga se verifică soneria.

— Anularea semnalizărilor acustice de avarie, preventive și pentru arderea siguranțelor din PSC, se face tot printr-un singur buton (b 101).

2.2.4. SEMNALIZĂRI INDIVIDUALE PENTRU INSTALAȚIILE DE MEDIE TENSIUNE

Conform proiectului tip pentru circuitele secundare aferente celulelor de 6...20 kV din industria chimică, sînt transmise semnalizări preventive individuale de la următoarele tipuri de celule:

— celula de măsură;

— celula de alimentare a stației;

— celula de interconexiune cu o eventuală stație de 6 kV aferentă unei CET proprii platformei industriale;

— celula de linie.

Toate circuitele respective sînt alimentate din bareta Q(Z)BSC prin dispozitiv de deconectare.

2.2.4.1. Semnalizări aferente celulei de măsură

Din celula de măsură (plan nr. 242-mD-01, circuitele 27, 28, 29) sînt transmise la PSC următoarele impulsuri:

— punere la pămînt pe medie tensiune, semnalizată optic prin caseta de semnalizare h 203 (circuitul 26). Impulsul este transmis prin releul maximal de tensiune e 301 (circuitul 26), montat pe secundarul în triunghi deschis al transformatorului de tensiune;

— tensiune de secvență inversă mare, semnalizată optic prin caseta de semnalizare h 204 (circuitul 27). Impulsul este transmis prin releul de tensiune de secvență inversă e 307 (circuitul 27), care se reglează la 10% din tensiunea nominală;

— declanşarea întreruptorului automat tip USOL, simbol b 901 (circuitul 28), care asigură protecţia circuitelor din secundarul transformatorului de tensiune. Semnalizarea este realizată prin caseta de semnalizare h 205.

Toate impulsurile de mai sus duc netemporizat şi la semnalizarea acustică preventivă prin intermediul releului de semnalizare prin impulsuri d 301 (circuitul 17) şi soneriei h 302 (circuitul 5).

2.2.4.2. Semnalizări aferente celulei de alimentare

Din celula de alimentare este transmis la PSC numai un impuls, pentru semnalizare „AAR ineficace" pe secţia respectivă de bare (plan nr. 242-AD-01).

Impulsul se dă prin contactul 3—5 al releului d 109 (circuitele 33 şi 44).

În regim normal de funcţionare, bobina releului d 109 (circuitul 33), este pusă sub tensiune în următoarele condiţii:

— releul d 103 din celula de alimentare este acţionat, respectiv dacă întreruptorul este anclanşat pe poziţia „introdus";

— releul d 110 din celula de măsură de pe cealaltă secţie de bare este excitat, releul respectiv sesizînd prezenţa tensiunii pe secţia respectivă de bare;

— releul d 108 din celula de cuplă este excitat, releul respectiv sesizînd condiţiile de funcţionare normală a staţiei (cu cele două alimentări în funcţiune şi cupla declanşată, dar pregătită în vederea unei anclanşări automate prin AAR).

Rezultă că releul d 109 este excitat în momentul cînd sînt întrunite toate condiţiile, ca la dispariţia tensiunii pe secţia respectivă de bare să anclanşeze prin AAR întreruptorul de cuplă.

Absenţa uneia din condiţiile respective, materializate prin dezexcitarea unuia din releele d 103, d 110 şi d 108, menţionate mai sus, duce la dezexcitarea releului d 109 din celula de alimentare, deschiderea contactului 3—5 al acestuia (plan nr. PSC-01, circuitul 37) şi dezexcitarea releului d 105 (circuitul 37) din PSC. Contactul 3—4 al acestuia din urmă (circuitul 32) duce la semnalizarea preventivă de „AAR ineficace" pe secţia respectivă de bare.

Elementele menţionate anterior sînt valabile pentru oricare din alimentările secţiilor de bare ale staţiei de 6...20 kV.

Impulsul respectiv este semnalizat optic prin caseta de semnalizare h 209 (circuitul 32), respectiv h 210 (circuitul 34) şi acustic prin soneria h 302.

2.2.4.3. Semnalizări aferente celulei de interconexiune

Din celula respectivă este transmis la PSC un impuls de „AAR ineficace" pe secţia respectivă de bare. Circuitele din celula de interconexiune sînt identice cu circuitele din celula de alimentare, descrise la capitolul 2.2.4.2. (plan nr. 242-LID-01).

Impulsul final de semnalizare preventivă este dat prin contactul 3—4 al releului d 107 (circuitul 36), respectiv d 108 (circuitul 38) şi duce la semnalizarea optică prin caseta de semnalizare h 211 (circuitul 36) respectiv h 212 (circuitul 38) şi semnalizarea acustică prin soneria h 302.

Celula de linie este celula de plecare dintr-o stație în vederea alimentării unei alte stații. Fiecărei celule de linie îi corespunde în stația din aval o celulă de alimentare.

În distribuțiile uzinale radiale (cu alimentarea liniilor de la un singur capăt) este prevăzută protecția comparativă a fiderilor de alimentare. Protecția respectivă este o protecție maximală de curent interblocată și se bazează pe faptul că în cazul unui scurt circuit pe fiderul respectiv, releele de curent din celula dinspre partea sursei, respectiv din celula de linie, sînt acționate, în timp ce releele de curent din celula din aval, respectiv din celula de alimentare, nu sînt acționate.

Din celula de linie se transmite la PSC un impuls de întrerupere a circuitului de protecție comparativă fider, prin contactul 3—4 normal închis al releului d 108 (circuitul 40).

În regim normal de funcționare, releul d 108 este acționat, deoarece releele de curent e 203 și e 204 din celula din aval sînt neacționate, iar contactele 12—13 ale acestora sînt închise (plan nr. 242-LD-01, circuitul 27).

La întreruperea circuitului respectiv (prin ruperea cablului pilot, desfacerea unei legături în cleme etc.), care ar compromite funcționarea protecției comparative a fiderului, bobina releului d 108 rămîne fără tensiune, contactul 3—4 (circuitul 40) al acestuia se închide și transmite semnalizare optică la PSC prin caseta h 213 (circuitul 40) respectiv h 214 (circuitul 41) și semnalizare acustică prin soneria h 302.

2.3. SEMNALIZĂRI SPECIALE

Semnalizările speciale sînt semnalizări unice care indică existența unui deranjament în circuitele primare sau secundare ale unor elemente componente ale sistemului electroenergetic uzinal. La apariția deranjamentului, personalul de intervenție se va deplasa la elementul respectiv și va constata la fața locului dacă este o avarie sau o semnalizare preventivă.

Proiectul tip al panoului de semnalizări centrale, cuprinde circuitele corespunzătoare următoarelor tablouri de joasă tensiune dotate cu instalații de AAR, pentru care au fost deja elaborate proiecte tip:

— tablou general de joasă tensiune din posturi trafo echipate cu două transformatoare, ambele în funcțiune, avînd cuplă longitudinală și instalație de AAR;

— tablou de forță cu două alimentări și instalație de AAR, alimentările fiind prevăzute cu contactoare;

— tablou de iluminat de siguranță.

Pe măsura tipizării și a altor tablouri, urmează ca panoul PSC să fie completat cu noi circuite de semnalizare.

2.3.1. SEMNALIZĂRI AFERENTE TABLOULUI GENERAL DE JOASĂ TENSIUNE

La panoul PSC sînt transmise separat semnalizări „deranjamente" pentru secția I, prin caseta de semnalizare h 215 și pentru secția II, prin caseta de

semnalizare h 216 (plan nr. PSC-01, circuitele 47÷51 şi plan AAR-JT-11-01, circuitele 73—74).

În regim normal de funcţionare, releele d 109 respectiv d 110 sînt acţionate, fiind îndeplinite următoarele condiţii:

— prezenţa tensiunii pe cele trei faze ale secţiilor de bare I, respectiv II, sesizată prin releele 1d8,1d9 respectiv 2d8,2d9;

— prezenţa tensiunii de comandă pentru AAR, preluată de pe faza R a secţiei I de bare, prin releul d1.

— circuitele de comandă AAR pentru secţia I, respectiv secţia II de bare sînt în bună stare de funcţionare, lucru sesizat prin releul 1d7 respectiv 2d7.

Dacă una din condiţiile indicate mai sus nu este îndeplinită, deci există un deranjament pe una din secţiile de bare, unul din releele d 109 sau d 110 (circuitele 43, 44) îşi închide contactul 3—4 (circuitele 42, 45) şi duce la semnalizarea optică individuală prin caseta de semnalizare h 215 respectiv h 216 şi semnalizarea acustică prin soneria h 302.

2.3.2. SEMNALIZĂRI AFERENTE TABLOULUI DE FORŢĂ

De la tabloul de forţă este transmisă o semnalizare unică de „deranjament" prin caseta de semnalizare h 217 (plan nr. PSC-01, circuitele 46÷51 şi plan AAR-TF-CCA-01, circuitul 9).

În regim normal de funcţionare, releul d 111 (circuitul 48) este acţionat, dacă sînt îndeplinite următoarele condiţii:

— Prezenţa tensiunii pe fazele R, S şi T ale alimentării nr. 1, sesizată prin releele d 11 şi d 12 (circuitul 47).

— Prezenţa tensiunii pe fazele R, S şi T ale alimentării nr. 2, sesizată prin releele d 21 şi d 22 (circuitul 48).

Releul d 21 este temporizat pentru a asigura prioritatea de anclanşare a alimentării nr. 1.

— Unul din contactoarele C_1 sau C_2 de pe alimentări este anclanşat.

La lipsa uneia din condiţiile menţionate, releul d 111 (circuitul 48) este dezexcitat, îşi închide contactul 3—4 (circuitul 46) şi duce la semnalizarea optică prin caseta de semnalizare h 217 şi semnalizarea acustică prin soneria h 302.

2.3.3. SEMNALIZĂRI AFERENTE TABLOULUI DE ILUMINAT DE SIGURANŢĂ

De la tabloul de iluminat de siguranţă TLS (plan nr. AAR-TLS-01, circuitul 7) este transmisă semnalizarea unică de „deranjament" prin caseta de semnalizare h 219 (plan nr. PSC-01, circuitul 52).

În regim normal de funcţionare, releul d 113 (circuitul 53) este acţionat, dacă sînt îndeplinite următoarele condiţii:

— prezenţa tensiunii pe alimentarea în curent alternativ, sesizată prin releul d 1 (circuitul 53);

— prezenţa tensiunii pe alimentarea în curent continuu, sesizată prin releul d 2 (circuitul 53);

— contactorul de pe alimentarea în curent alternativ este anclanșat, lucru sesizat prin contactul 2—4 al contactorului C_1 (circuitul 53).

La lipsa uneia din condițiile respective, releul d 113 (circuitul 53) se dezexcită și duce la semnalizarea optică prin caseta h 219 și acustică prin soneria h 302.

CONCLUZII

Semnalizările centralizate în sistemele electroenergetice uzinale din industria chimică, prezentate în prezenta lucrare conduc la:

— creșterea productivității muncii în activitatea de exploatare, fiind necesar un personal redus pentru supravegherea și întreținerea instalațiilor precum și pentru intervenții;

— creșterea siguranței în funcționarea instalațiilor prin semnalizarea regimurilor anormale de funcționare, dînd posibilitatea personalului de exploatare să intervină prompt pentru înlăturarea defecțiunilor, care se pot transforma în avarii;

— îmbunătățirea organizării producției prin centralizarea semnalizărilor. Personalul de exploatare este bine informat asupra situației existente la un moment dat în sistemul electroenergetic și poate lua în cunoștință de cauză măsurile ce se impun.

În activitatea de proiectare, tipizarea semnalizărilor pentru regimurile anormale de funcționare, duce la reducerea timpului necesar pentru proiectare și creșterea calității documentațiilor tehnice ce se elaborează.

Editat de Ministerul Industriei Chimice — I.P.A.C.
Sector Prezentare ● 1984

Coperta: GHEORGHE BALTOC
Redactor: LAURA IONESCU
Tehnoredactor: GHEORGHE TIȚĂ

Tiparul executat la I. P. Sibiu